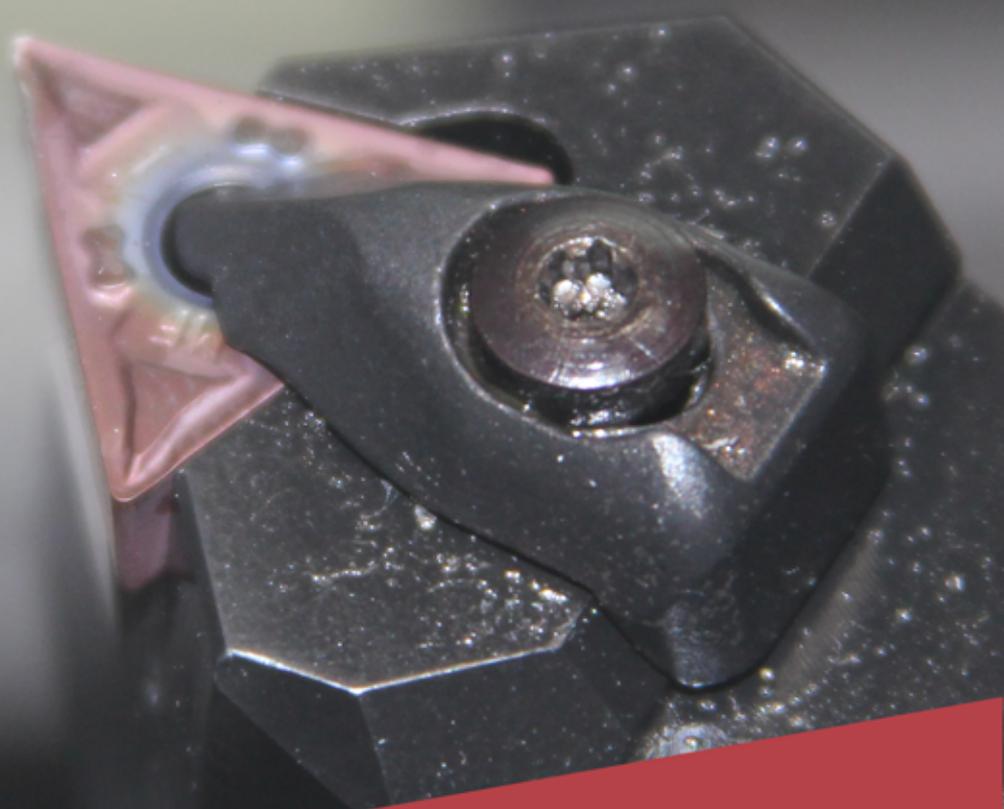


Coletânea Brasileira



de Engenharia Produção 5

1ª edição
2019

STELLATA EDITORA

Vinicius de Carvalho Paes
Organizador

Coletânea Brasileira de Engenharia de Produção 5

STELLATA EDITORA
ITAJUBÁ - BRASIL
2019

© 2019 – Stellata

stellata.com.br

✉ publicacao@stellata.com.br

Editor Chefe e Organizador: Vinicius de Carvalho Paes

Editores, Arte e Capa: Thaise Ribeiro Luz

Revisão: Respectivos autores dos artigos

Conselho Editorial

Prof. Dr. Pedro José Papandréa

Prof. Me. Alexandre Fonseca Torres

Prof. Me. João Ederson Corrêa

Prof. Me. Juliana Helena Daroz Gaudencio

C694

Coletânea brasileira de engenharia de
produção 5 / Organizador Vinicius de Carvalho
Paes. - Itajubá (MG) : Stellata Editora, 2019.
522p. : il.

Formato: PDF

ISBN 978-85-94105-06-6

Inclui bibliografia

1. Engenharia de produção . 2. Gestão da
produção. 3. Administração da produção. I.
Paes, Vinicius de Carvalho. II. Título.

CDD: 620

Os **conteúdos** dos artigos científicos incluídos nesta publicação são de **responsabilidade** exclusiva dos
seus respectivos **autores**.

Apresentação

Olá leitor! Seja bem-vindo a publicação da **Coletânea Brasileira de Engenharia de Produção 5**. Esta coletânea foi concebida diante artigos científicos aceitos em eventos de Engenharia de Produção e Gestão e/ou especialmente selecionados ou revisados por pesquisadores da área.

Os conteúdos apresentam considerações pertinentes sobre os temas abordados diante o meio de pesquisa e/ou objeto de estudo. Desta forma, esta publicação tem como um dos objetivos, garantir a reunião e visibilidade destes conteúdos científicos por meio de um canal de comunicação preferível de muitos leitores.

Este e-book conta com 28 trabalhos científicos de diferentes áreas da Engenharia de Produção e Gestão, contabilizando contribuições de diversos autores. É possível verificar a utilização de muitas metodologias de pesquisa aplicadas, assim como uma variedade de objetos de estudo.

Sumário

Capítulo 1

A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA TOMADA DE DECISÃO DO PROJETO E DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO NA INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA

Diana Pessoa da Silva, Giselma Araújo de Faria, Giuliane Alves Berchele, Izabella Lopes de Oliveira Silva e Eder Costa Cassettari.....p.7

Capítulo 2

A PROSPECTIVA ESTRATÉGICA E O MÉTODO DOS CENÁRIOS DE GODET: UM MAPEAMENTO SISTEMÁTICO

Lais Sant'Anna Fonseca, Cristiano Manhães de Oliveira e Edson Terra Azevedo Filhop.20

Capítulo 3

ANÁLISE TERMOECONÔMICA EM UMA PLANTA DE COGERAÇÃO DE ENERGIA

Fábio de Farias Cavalcante, José Gláucio Vieira Gonçalves, Glauco Demóclito Tavares de Barros e Jailson Charles Santos.....p.39

Capítulo 4

APLICAÇÃO DA CURVA DE APRENDIZAGEM COMO INSTRUMENTO DE PLANEJAMENTO E CONTROLE EM PROJETOS DE PERFURAÇÃO DE POÇOS: UM ESTUDO DE CASO

Duan Vilela Ferreira, Lais Gomes Barbosa da Silva e Luiz Henrique Ramos da Silva Filho.....p.59

Capítulo 5

APLICAÇÃO DA PROGRAMAÇÃO LINEAR NA REDUÇÃO DE DESPERDÍCIO DE CHAPAS EM INDÚSTRIA METAL MECÂNICA

Bruna Luísa Streda, Tanise Ourique da Silva e Ivete Linn Ruppenthal.....p.71

Capítulo 6

APLICAÇÃO DO LEAN NA CONSTRUÇÃO CIVIL PARA IDENTIFICAÇÃO DE DESPERDÍCIOS

Thiago Pouza Mussolini e Juliana Helena Daroz Gaudêncio.....p.92

Capítulo 7

APROVEITAMENTO DA ÁGUA CONDENSADA DOS APARELHOS DE AR CONDICIONADOS DO LABORATÓRIO DE MATERIAIS DA UNIVERSIDADE CEUMA - SÃO LUÍS-MA

Ailton Celio Alves de Araújo Junior, Alicia Silva Carvalho, Ruan Rodrigues da Silva, Danielle Alves Costa da Silva, Fernanda Gomes Dias, Daniel Rocha Pereira e Osman José de Aguiar Gerude Neto.....p.109

Capítulo 8

AValiação DO DESEMPENHO DE CURSOS DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO UTILIZANDO A ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS

Diego Scalioni, Helton Gomes e Lásara Rodrigues.....p.124

Capítulo 9

AValiação DOS IMPACTOS AMBIENTAIS NO MATADOURO PÚBLICO MUNICIPAL DE MORADA-NOVA-CE

Darlene Queiroz Rabelo, Jonyca Mikaella de Freitas Cavalcante, Danielle Rabelo Costa e Sérgio Horta Mattos.....p.140

Capítulo 10

DESENVOLVIMENTO DE DINÂMICA PILOTO EM BLOCOS DE MONTAR LEGO PARA APRENDIZAGEM LÚDICA BASEADAS NA FERRAMENTA 5S DA ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Talita Nunes De Araújo, Aline Franciely Silva, Juliana Ng e José Da Silva Ferreira Junior.....p.156

Capítulo 11

DIRETRIZES DO CONCEITO SMARTCITY PROPOSTOS AO CONTEXTO DO TRANSPORTE URBANO DA CIDADE DE BELÉM

Euler Santos Arruda Junior, Alcides Gomes Moreira Neto, Caio Santos e Christiane Lima Barbosap.172

Capítulo 12	ESTUDO COMPARATIVO ENTRE O LEAN MANUFACTURING VERSUS A PRODUÇÃO MAIS LIMPA <i>Ricardo Pereira, Mehran Misaghi e Ana Lucia Berreta Hurtado</i>	p.191
Capítulo 13	ESTUDO DA UTILIZAÇÃO DO SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO NA REDUÇÃO DO TEMPO DE DECAPAGEM DE EXTINTORES DE INCÊNDIO <i>Diogo Katagiri, Leandro Dóro Tagliari, Leonardo Castilhos de Oliveira, Guilherme Regner Nava e Cristian Bicigo e Ritielli Berticelli</i> ...	p.214
Capítulo 14	ESTUDO DE RENTABILIDADE ECONÔMICA DA IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS: ESTUDO DE CASO EM UMA IES <i>Sumara Rodrigues Ramos da Silva, Gabriela Da Costa Ribeiro, Antônio Lopes Nogueira Da Silva e Fabiana da Silva Gomes Fialho</i>	p.233
Capítulo 15	GESTÃO DE FORNECEDORES SUSTENTÁVEIS E O PROCESSO DE TOMADA DE DECISÃO ANALÍTICA E COMPORTAMENTAL: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA <i>Eliciane Maria Silva e Mayra Oliveira Ramos</i>	p.251
Capítulo 16	HABILIDADES E COMPETÊNCIAS IMPORTANTES PARA O ENGENHEIRO DE PRODUÇÃO: UM LEVANTAMENTO COM EGRESSOS DE UMA INSTITUIÇÃO DE ENSINO SUPERIOR PRIVADA DO ESTADO DE SÃO PAULO <i>Roberta Pinheiro Bortolassi e Ethel Cristina Chiari da Silva</i>	p.266
Capítulo 17	IDENTIFICAÇÃO E PRIORIZAÇÃO DOS RISCOS EM GESTÃO DE PROJETOS DE IMPLEMENTOS AGRÍCOLAS <i>Gilson José da Silva, Rodrigo Antônio Vicentini e Creusa Sayuri Tahara Amaral</i>	p.279
Capítulo 18	LOGÍSTICA REVERSA EM UMA EMPRESA DE USINAGEM NO NORTE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL <i>Mario Fernando de Mello, Rafaela Maggioni e Arthur Zago de Mello</i>	p.296
Capítulo 19	O PLANEJAMENTO DE MATERIAIS COM DEMANDA INCERTA COMO CALCULAR O ESTOQUE DE SEGURANÇA DE MATERIAIS INDIRETOS DE PRODUÇÃO, USO E CONSUMO, E MRO: ESTUDO DE CASO DE UMA INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA <i>Pedro José Papandréa e Dagoberto Alves De Almeida</i>	p.316
Capítulo 20	O USO DO MANUFACTURING EXECUTION SYSTEM NO APOIO ÀS ESTRATÉGIAS DE MANUFATURA <i>Elisandro João de Vargas, Jocimara de Lima Mauer e Marcelo de Alves de Souza</i>	p.330
Capítulo 21	OS CUSTOS DE FAZER P&D COMO FATORES INFLUENCIADORES NO GRAU DE COMPLEXIDADE TECNOLÓGICA ATRIBUÍDO ÀS SUBSIDIÁRIAS DE MULTINACIONAIS NO BRASIL <i>Roberto Costa Moraes</i>	p.350
Capítulo 22	OTIMIZAÇÃO DE PORTFÓLIOS COM MÉTODO DOS POLINÔMIO CANÔNICOS CRUZADO E CLUSTERS <i>Pedro José Papandréa, Anderson Paulo de Paiva, Xueping Li, Rafael Coradi Leme, João Éderson Corrêa e Vinicius de Carvalho Paes</i>	p.370
Capítulo 23	OTIMIZAÇÃO DE ROTAS VISANDO A REDUÇÃO DE CUSTOS DE OPERAÇÃO DA COLETA DE RESÍDUOS SÓLIDOS REALIZADA NO SUL DE MINAS GERAIS <i>Gustavo Pereira Olímpio e Juliana Helena Daroz Gaudêncio</i>	p.392
Capítulo 24	PERSPECTIVAS DE COMPETITIVIDADE DOS PRODUTORES DO FRUTO AÇAÍ DO NORDESTE PARAENSE <i>Dinaldo do Nascimento Araujo, Marcelo de Souza Correia e Alexandre Jorge Gaia Cardoso</i>	p.409
Capítulo 25	PRECIFICAÇÃO DE SERVIÇOS METROLÓGICOS UTILIZANDO O CUSTEIO BASEADO EM ATIVIDADES NO LABORATÓRIO DE METROLOGIA DE UMA INSTITUIÇÃO FEDERAL DE ENSINO SUPERIOR EM FORTALEZA/CE <i>Geraldo Almiro De Araujo Neto, Tayse Mesquita De Sousa, Abdias Kelly De Paiva Neto, Maxweel Veras Rodrigues e Luiz Soares Junior</i>	p.426

Capítulo 26

PROJETO DE EXPERIMENTOS DE MIXTURAS GENERALIZADO PARA OTIMIZAÇÃO DE PORTFÓLIOS

Pedro José Papandréa, Anderson Paulo de Paiva, Rafael Coradi Leme e Xueping Lip.450**Capítulo 27**

RESPONSABILIDADE SOCIAL NO BRASIL: AS INICIATIVAS DE INSTITUCIONALIZAÇÃO DO FENÔMENO

Leonardo Petrilli, Alessandra Rachid, Mário Sacomano Neto, Juliana Fernanda Monteiro De Souza e Allyson Jesus Ribeiro Leite..p.474

Capítulo 28

SISTEMATIZAÇÃO PARA ELABORAR A EAP PARA PROJETOS EM PORTOS DESTINADOS AO EMBARQUE DE MINÉRIO DE FERRO

Patricia Almeida de Albuquerque, Marina Ribeiro Barros Dias e Eliane da Silva Christop.490

Sobre o organizador.....p.511**Sobre os autores**.....p.512

Capítulo 1

A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA TOMADA DE DECISÃO DO PROJETO E DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO NA INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA

Diana Pessoa da Silva
Giselma Araújo de Faria
Giuliane Alves Berchele
Izabella Lopes de Oliveira Silva
Eder Costa Cassettari

A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA TOMADA DE DECISÃO DO PROJETO E DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO NA INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA

Diana Pessoa da Silva
Giselma Araújo de Faria
Giuliane Alves Berchele
Izabella Lopes de Oliveira Silva
Eder Costa Cassettari

Resumo

Atualmente estamos passando pela Quarta Revolução Industrial, a Indústria 4.0, que conta com nove pilares principais: Robôs Autônomos, Simulação, Sistema de Integração Horizontal e Vertical, Internet das Coisas, Cibersegurança, Nuvem, Manufatura Aditiva, Realidade Estendida e Big Data. Utiliza-se de dois destes pilares, Robôs Autônomos e Big Data, com um enfoque maior na Inteligência Artificial para alinhar o tempo utilizado no Projeto e Desenvolvimento do Produto na Indústria Automobilística a rapidez necessária nesse novo período de mudanças.

Palavras-chave: Inteligência artificial. indústria 4.0. projeto e desenvolvimento. decisão. automobilística.

1. Introdução

Acredita-se que a Indústria 4.0 seja o primeiro passo para a transformação da humanidade. Dentro dessa interpretação, diversos especialistas têm apontado uma relação estreita entre a evolução da Indústria 4.0 e as mudanças vivenciadas no mundo.

Pode até não ser facilmente notado, mas, todos os pilares da Indústria 4.0 são amplamente utilizados para os avanços em muitas áreas da ciência e tecnologia. Tais avanços são velozes, as tecnologias são atualizadas e modificadas rapidamente, por conta disso os processos de produção também devem seguir essa velocidade, pois esses pilares também possuem essa

função.

Dessa forma, o propósito do presente artigo é apresentar adequações entre a rapidez do aperfeiçoamento das tecnologias da indústria 4.0 e o processo de produção na indústria automobilística.

2. As quatro revoluções industriais

Uma revolução industrial caracteriza-se como sendo um processo de grandes transformações tecnológicas, econômicas e sociais no meio em que está inserida. Ocorreram três grandes revoluções industriais entre os séculos XVIII e XX. E agora, no século XXI, vivenciamos a quarta revolução industrial.

A primeira aconteceu no século XVIII, por volta do ano de 1750, na Inglaterra. A Primeira Revolução Industrial, conhecida também como a “era do carvão e do ferro”, foi gerada a partir da Revolução Comercial que ocorreu na Europa no século XV. A Revolução Comercial possibilitou a expansão do comércio internacional, o aumento das riquezas e, conseqüentemente, o financiamento do progresso tecnológico e a instalação das primeiras indústrias.

Antes da Primeira Revolução Industrial, o processo produtivo acontecia de forma totalmente manual e a principal manufatura era a tecelagem de lã. A Primeira Revolução Industrial iniciou-se a partir da criação do inventor inglês James Hargreaves, a máquina de fiar, em 1767. Porém a invenção mais significativa foi a do escocês James Watt, que criou a máquina a vapor em 1769. A tecnologia desenvolvida por Watt foi introduzida nas máquinas de tecer e fiar, e assim, ocorreram grandes avanços técnicos na fabricação de tecidos. Além disso, a tecnologia de Watt foi utilizada em outras áreas.

A Segunda Revolução Industrial, também conhecida como a “era do aço e da eletricidade”, nasceu na segunda metade do século XIX, entre 1850 e 1870, a partir do progresso científico e tecnológico ocorrido na França, Estados Unidos, Itália, Alemanha, Rússia e Inglaterra. A revolução foi baseada nas descobertas de novas fontes de energia e também na utilização da energia elétrica, com o dínamo desenvolvido pelo croata Nikola Tesla que permitiu que a eletricidade fosse utilizada no lugar do vapor. Outra grande invenção da época foi o motor de combustão interna do alemão Nikolaus Otto.

Uma característica marcante da Segunda Revolução Industrial é o início da produção de itens

em série, o que acabou por baratear custos. Surgiram as primeiras linhas de montagem e o empresário estadunidense Henry Ford implanta o uso de esteiras em sua fábrica. Esse método de produção ganhou o nome de fordismo. O método de produção desenvolvido por Ford juntamente com as teorias do também estadunidense Frederick Taylor, denominadas Taylorismo, visavam o controle dos movimentos de máquinas e homens e aumento da produtividade.

A Terceira Revolução Industrial, ou Revolução Científica e Tecnológica ou Revolução Informacional, ocorreu na segunda metade do século XX, após o fim da Segunda Guerra Mundial (1939 – 1945), em meados de 1950. Foi quando se atingiu o mais alto grau do desenvolvimento tecnológico industrial e aconteceu a partir do aperfeiçoamento da eletrônica. Tal processo permitiu o desenvolvimento e a modernização das indústrias. A Terceira Revolução Industrial teve início nos Estados Unidos e em alguns países europeus com a descoberta da energia nuclear do átomo, em meados de 1970 a robótica é inserida na linha de montagem de algumas montadoras de automóveis e, por volta de 1990 disseminou-se o uso dos computadores pessoais e da internet. A base da Terceira Revolução Industrial é, seguramente, o progresso da eletrônica que permitiu a automação dos processos industriais e o surgimento da computação nesse ambiente.

A Quarta Revolução Industrial, ou Indústria 4.0, surgiu por volta de 2010 na Universidade de Aachen, na Alemanha. A Indústria 4.0 pode ser definida, segundo Cassetari (2018), como a fusão da manufatura com a internet; a automação da informação. A tendência desta revolução é a automação total das indústrias que se dá a partir dos sistemas ciberfísicos, que foram desenvolvidos a partir da Internet das Coisas (IoT ou IdC) e da computação em nuvem, que dão origem as chamadas “Fábricas Inteligentes”.

3. Indústria 4.0

Primeiramente a Indústria 4.0 foi dividida em 9 pilares, que designam suas principais tecnologias, pilares estes que foram descritos pela BCG (*Boston Consulting Group*) em seu site (www.bcg.com) em 2015 como sendo:

- **Autonomous robots (Robôs autônomos):** Dois termos são importantes para descrever o que seriam os robôs autônomos, já que os robôs dentro do espaço fabril não é algo novo.

São eles: *Knowledge Work Automation*, Automação do Trabalho de Conhecimento, que constituem sistemas que estão interconectados e a partir do momento que um aprende todos os outros também aprendem; e a Inteligência artificial que é a criação de agentes com inteligência a nível de inseto para que possam tomar decisões rápidas sozinhos;

– ***Simulation (Simulação)***: A Simulação utiliza o universo digital para modelar um cenário que represente possíveis situações antes de uma mudança, por exemplo. Pode-se utilizar dele para analisar como seria o desempenho do piso fabril com determinada máquina ou layout;

– ***Horizontal and vertical system integration (Sistema de Integração Horizontal e Vertical)***: É a integração total da empresa, de forma que todos tenham acesso as informações e que exista uma comunicação entre todos;

– ***The Industrial Internet of Things (Internet das coisas)***: A *Internet of Things* (IoT) nada mais é do que levar o mundo físico para o digital, ou seja, a IoT tem o objetivo de conectar os itens comuns do nosso dia a dia à rede mundial de computadores, fazendo com que cada vez mais os mundos físico e digital tornem-se um só, o que chamamos de realidade estendida;

– ***Cybersecurity (Cibersegurança)***: Com essa fusão da manufatura com a internet, as empresas necessitam que suas informações fiquem seguras de modo que não sejam furtadas e divulgadas na rede, sendo assim é necessário a *Cybersecurity* que é uma rede de internet apartada, com protocolos específicos de segurança para que todos os dados da empresa, incluindo as patentes, estejam protegidos;

– ***The Cloud (Nuvem)***: A Nuvem era inicialmente utilizada para download e upload de dados, que eram armazenados na internet, agora ela também os processa. A nuvem é uma rede global de servidores remotos espalhados pelo mundo, que estão interconectados e funcionam como um só sistema. Tais servidores tem a função de gerenciar e armazenar dados, executar aplicativos e fornecer serviços;

– ***Additive manufacturing (Manufatura Aditiva)***: ou Impressão 3D, era utilizada, inicialmente, pelas empresas para prototipagem rápida, porém, na Indústria 4.0, ela ganha um papel especial e passa a ser utilizada para produzir o próprio produto, camada por camada, por adição de material;

– ***Augmented reality (Realidade estendida)***: A realidade estendida é trazer o espaço cibernético para o mundo físico. Em consequência disso, e do uso da IoT para conseguir

o efeito reverso, temos a junção desses mundos, que cria a chamada realidade mista onde há a interação tanto virtual-real como real-virtual. Podemos perceber isto pelo exemplo citado pela BCG (2015) onde os funcionários receberiam treinamento pela realidade aumentada, interagindo com possíveis situações que são apresentadas virtualmente;

– **Big data and analytics (Big Data e Analítica):** O *Big data* é um grande volume de dados que são coletados, armazenados e analisados para serem transformados em informações para o negócio.

Atualmente, a Indústria 4.0 conta com mais de mil pilares e vem crescendo a cada ano devido ao seu desenvolvimento e o aprofundamento dos conhecimentos.

4. Inteligência artificial

O principal pilar para este artigo é o Robôs Autônomos, mais especificamente a Inteligência artificial (IA), que seria a máquina tomando uma decisão sem precisar de interação humana para a escolha, com um pouco mais de aprofundamento vemos que a IA segundo Russell e Norvig (2004) é o campo que estuda a criação de agentes com inteligência, onde o objetivo é aproximar-se da inteligência humana, e para isso usa como ferramenta a lógica nebulosa, ou lógica *Fuzzy*, é a parte da Pesquisa Operacional (ciência de suporte a tomada de decisão) que auxilia a IA, ela possibilita que os agentes com IA lidem com informações imprecisas que não são totalmente verdadeiras nem totalmente falsas.

A IA é vista sob quatro óticas diferentes como nos mostra Russell e Norving (2004), uma que vê a IA como sistemas que pensam como seres humanos, onde se busca criar um sistema que passe pelas mesmas etapas que um ser humano passaria para resolver um problema, essa visão gira em torno da ciência cognitiva; uma segunda que vê sistemas que atuam como seres humanos, que teriam a capacidade de se comunicar, armazenar conhecimento, interpretar dados para responder perguntas, e se adaptar as novas situações com aprendizado contínuo; uma terceira que vê sistemas que pensam racionalmente, essa abordagem utiliza da lógica para a solução de problemas, onde um sistema escreveria o problema em uma expressão lógica e o resolveria; e pôr fim a que vê sistemas que atuam racionalmente, para isto é necessário que o agente raciocine o conhecimento, tenha a capacidade de visualizar o que tem a sua volta, possa aprender, não somente como conhecimento, mas para saber como o mundo funciona e ser capaz de se comunicar.

Quando vemos as definições, a IA parece algo muito distante de onde estamos, mas Gordilho (2017) nos dá alguns exemplos de como ela já está presente no nosso dia a dia. Um desses exemplos é o assistente virtual, temos a *Google Assistant* do *Android*, a *Siri* do *iPhone*, e a *Cortana* do *Windows*, todos esses sistemas interagem com o usuário quando ele pede ou diz alguma coisa, interpretando o que foi dito e dando uma resposta quase instantânea, quando o sistema não sabe responder ele guarda essa informação para depois aprender sobre ela. Este é um exemplo fácil e rápido de testar, e perceber o quão rápido a IA vem evoluindo, com previsão para que em um futuro essa tecnologia esteja cada vez mais se aprimorando e prevendo através da aprendizagem e do conhecimento sobre o usuário, o que o mesmo precisa. Ademais como é citado por Schwab (2016) em seu livro já há carros que estão sendo testados e que pilotam sozinhos, e vemos esta mesma tecnologia sendo aplicada a outros transportes como caminhões e *drones* (que já são utilizados como entregadores em alguns países), como tempo de resposta tão rápido quanto o reflexo humano.

A finalidade desse artigo é utilizar a IA para tomada de decisão dentro de uma indústria automobilística, pensando em robôs autônomos com aprendizagem contínua, com capacidade para decidir, e de trabalho em conjunto, transmitindo o conhecimento adquirido para os outros por uma rede de internet.

5. Projeto e desenvolvimento do produto na indústria automobilística

O Projeto de Desenvolvimento do Produto (PDP) segundo Rozenfeld (2006) pode ser dividido em três macrofases: Pré-lançamento, Desenvolvimento e Pós-lançamento.

Na primeira são feitas pesquisas sobre o mercado, coleta-se informações sobre produtos já lançados e características que deveriam ser melhoradas ou acrescentadas em um novo produto. Por sua vez o desenvolvimento se divide em várias partes: Projeto Informacional, Projeto Conceitual, Projeto Detalhado, Preparação da Produção e Lançamento do Produto.

No Projeto Informacional é analisada as informações coletadas na primeira macrofase e se estabelece as especificações que deve se ter no produto e as metas, aplicando no nosso caso, por exemplo, pode-se colocar como meta um carro mais econômico se em uma análise de mercado seja uma característica importante para o cliente, nessa fase reúnem-se todas as pessoas envolvidas no projeto para a conceituação dele.

Na próxima etapa, o Projeto Conceitual, temos a concepção do produto, é a fase onde se reúne

engenheiros e outros profissionais para construir o conceito técnico do carro, deve haver nesse momento também a modelação do carro e o término da parte de matematização do projeto.

É no Projeto Detalhado que temos o protótipo, em uma escala menor, pronto e aprovado, além do produto homologado, como o próprio nome diz, nessa etapa temos todo o detalhamento em uma visão micro do processo, deve haver um consolidamento do projeto.

Após o fechamento total do projeto entramos na Preparação da Produção, temos uma fábrica pronta, recebemos peças pedidas aos fornecedores e fazemos um lote piloto que deve ser aprovado, além disso tem como objetivo verificar e homologar o processo de produção do carro, certificando o produto.

Por fim inicia-se a produção na fase de Lançamento do Produto, finalizando assim a macrofase de Desenvolvimento.

A última macrofase, o Pós-lançamento é a parte mais demorada do PDP pois envolve acompanhar o produto e o processo, fornecer peças de reposição durante a vida útil prevista para o carro durante o projeto e retirar ele do mercado. Como o PDP é um ciclo é dessa etapa também que pode ser coletada as informações que são vistas na primeira macrofase.

Um carro leva, em média, dois anos e custa, aproximadamente, R\$ 320 milhões para sair do papel e chegar às concessionárias; esses dados servem exclusivamente para projetos derivados de automóveis já existentes, onde há o compartilhamento da maioria dos componentes. Porém, se o veículo for iniciado totalmente do zero, serão necessários, em média, de três a quatro anos e algo entre R\$ 1,3 e R\$ 1,6 bilhão de investimento para fazê-lo ficar pronto.

Um automóvel leva, em média, 24 horas para ficar pronto, e sua produção é dividida em oito partes: estamparia, estruturação, funilaria, pintura, portas, motor, montagem e carro pronto.

Os processos envolvidos em cada parte são:

- **Parte 1:** Estamparia: As chapas de aço utilizadas na fabricação dos automóveis chegam às fábricas em enormes bobinas com etiquetagem informando para qual modelo elas devem ser destinadas. Após sair do controle de qualidade, essas bobinas são recortadas por prensas pré-programadas com as específicas dimensões das peças que são formadas. Após a conclusão dessa parte, as peças passam por inspeções visuais para detectar aquelas que precisarão de ajustes;

- **Parte 2:** Estruturação: Essa fase é a responsável pela montagem da carroceria. A parte lateral do veículo, trazida por um robô, é soldada ao assoalho e à parte dianteira. Um carro possui, ao todo, 5.000 pontos de solda e aproximadamente 70% delas, que são de difícil acesso para o homem, são feitas por robôs. Após o processo de soldagem da carroceria, são feitas uma inspeção visual e os ajustes finais, ambas efetuadas por operários. A estruturação demora cerca de 8 horas, um terço do tempo total de produção do veículo;
- **Parte 3:** Funilaria: É nessa fase que a carroceria do automóvel recebe a numeração do chassi, ou seja, o automóvel passa a existir oficialmente. Após a estruturação da carroceria, esta passa por um acabamento de funilaria, onde pequenos defeitos que passaram na inspeção são corrigidos. As junções são conferidas minuciosamente pelos técnicos;
- **Parte 4:** Pintura: Antes da pintura iniciar, é feito uma espécie de pré-tratamento, onde impurezas vindas do processo de produção são retiradas. Feito isso, o automóvel é mergulhado no *Elpo*, um líquido anticorrosivo que nivela a superfície da carroceria. O terceiro passo é a calafetação, para evitar que impurezas infiltrem na superfície, após isso o veículo passa por uma aplicação robotizada do *primer*, que deixará a carroceria com uma coloração próxima da definitiva e a protegerá dos efeitos dos raios ultravioletas, além de prepará-la para a cor final. A seguir é feito um lixamento e aplicada a base por *spray*, que dá o definitivo tom da cor do veículo. No final é aplicado o verniz, para proteger e dar brilho à lataria. É feita uma inspeção visual para detectar possíveis falhas;
- **Parte 5:** Portas: A carroceria pintada segue para a parte final do processo sem as portas. Elas seguem um caminho a parte no qual recebem os vidros, fiação elétrica, maçanetas, retrovisores e revestimentos. As portas só são reinstaladas após a colocação dos outros itens do carro. Feito isso, as portas são fixadas com o uso de parafusadeiras, este processo é totalmente manual e é realizado pelos operários;
- **Parte 6:** Motor: O motor específico do modelo é testado antes de ser fixado, manualmente, à carroceria. Os que possuem ar condicionado tem o dispositivo instalado nessa parte. Normalmente, as grandes montadoras fabricam os motores dentro das próprias unidades;
- **Parte 7:** Montagem: Na montagem final do veículo são instalados todos os equipamentos externos e internos, aproximadamente 3.000 peças. Também são instalados elementos elétricos, para-brisa, entre outros. Os funcionários fixam o motor e o escapamento nessa fase. O carro também recebe as rodas e os pneus. Nesta seção há a

diminuição do número de robôs, apenas 10% do processo é robotizado, o motivo é que os operários detectam falhas mais facilmente;

– **Parte 8:** Carro pronto: Após o carro sair da linha de montagem, o tanque é abastecido e o motor ligado. Alguns metros são percorridos até que o veículo chega a uma cabine equipada com um dinamômetro. As partes elétrica e mecânica são testadas. As junções da carroceria e a abertura e fechamento das portas são conferidas. Freios, aceleração e indicadores são checados. O carro também passa por um teste de ruído e roda alguns metros para avaliações. Os técnicos fazem outra inspeção minuciosa para conferir se tudo ocorreu perfeitamente.

6. Análise de incompatibilidades na linha de tempo entre PDP e Indústria 4.0

É evidente a disparidade entre o tempo exigido para que um automóvel seja projetado, desenvolvido e produzido e a velocidade com que as tecnologias da Indústria 4.0 atuam. No desenvolvimento de um carro, os projetos informacional, conceitual e detalhado são os que demandam maior tempo. Porém, quando pensamos na Indústria 4.0, percebemos que o tempo de resposta do agente inteligente é instantâneo. Por tanto, é perceptível, que se deve alterar pontos dentro do projeto para que este nivele-se a presteza da Indústria 4.0

7. Propostas

Visando as contrariedades da linha do tempo entre o projeto e desenvolvimento do produto na indústria automobilística e a Indústria 4.0 adotamos como possíveis propostas de soluções a aplicação da Inteligência Artificial (IA), *Machine Learning* e *Big Data* nas fases do PDP. Durante o Projeto Informacional é possível a utilização do *Big Data* com auxílio do *Machine Learning* para recolher e armazenar dados, e sempre que necessário analisá-los para transformá-los em informações que podem ser usadas como metas e especificações necessárias para esse novo produto.

Para os Projetos Conceitual e Detalhado, implantar-se-ia a IA de modo que os agentes inteligentes fizessem uma análise de mercado, e tomassem as decisões, isto é, se está projetando um carro e quer saber qual material usar para uma determinada especificação do automóvel, pensando no custo-benefício; ou quais cores são as que os consumidores mais anseiam e em

quais proporções, pergunta-se isso para o agente inteligente que responderá instantaneamente algo que necessitaria, sendo feito por humanos, maior tempo para ser estudado e decidido.

Além disso, pode-se ensinar um agente a fazer o detalhamento de todas as decisões tomadas, com base em antigos dados e com os acrescentados; pensando na exemplificação disso, se perguntasse sobre as cores de carros mais compradas e as proporções, ele responde as cores, as proporções e quantos carros deve-se produzir de cada cor por dia. Tudo isso não envolve somente o produto, mas também o projeto do processo, pode-se ensinar o agente a modelar o layout do processo, quais máquinas estão à disposição para serem utilizadas ou quais serão necessárias a compra, e se a compra for necessária, qual modelo daria um melhor custo-benefício em relação a qualidade do produto, o preço da máquina e os gastos com manutenção a longo prazo.

Sendo assim no final do Projeto Conceitual e Detalhado temos uma extraordinária diminuição de tempo gasto, tornando a linha do tempo entre a indústria automobilística e a Quarta Revolução análogas, o que reduz custos e, conseqüentemente, aumenta os lucros da empresa. Tudo isso é possível pela integração da Inteligência Artificial, do *Machine Learning* e *Big Data*.

8. Conclusões e comentários

A Quarta Revolução Industrial está ganhando seu espaço rapidamente, desde 2010, quando surgiu na Alemanha, empresas de todos os ramos buscam se adequar a essa frenética revolução, pois o método antigo é demasiadamente lento e não opera mais eficientemente.

Adequações são necessárias e feitas de acordo com vários dos pilares da Indústria 4.0, utilizando novas tecnologias para melhorar todos os aspectos, seja eles produtivos ou financeiros, de um negócio.

Vendo o projeto e desenvolvimento de produto pela ótica de uma montadora de automóveis, percebemos o quão demorado é um ciclo para projetar novos carros. A fabricação de um carro, em sua linha de produção, pode ser relativamente rápida, levando algo em torno de 24 horas; porém, quanto mais demorado o projeto, há mais chances de desenvolver uma função que quando for lançada já estará obsoleta.

Com esta percepção se faz necessário projetos mais rápidos, e quando pensamos nos pilares da Indústria 4.0, é isso que nos proporcionam, rapidez e eficácia.

REFERÊNCIAS

BEZERRA, JULIANA. Revolução Industrial; Toda Matéria. Disponível em: <<https://www.todamateria.com.br/revolucao-industrial/>> Acesso em: 1 de abril de 2018.

CARVALHO, ISADORA. Como funciona uma linha de montagem de automóveis?; Quatro Rodas. Disponível em: <<https://quatorrodas.abril.com.br/noticias/como-funciona-uma-linha-de-montagem-de-automoveis/>> Acesso em: 7 de abril de 2018.

CASSETTARI, ÉDER. Anotações da disciplina de Projeto e Desenvolvimento do Produto do curso de Engenharia de Produção da Universidade Anhembi Morumbi, 2018.

GERBERT, PHILIPP et. al. *Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries*; BCG. Disponível em: <https://www.bcg.com/pt-br/publications/2015/engineered_products_project_business_industry_4_future_productivity_growth_manufacturing_industries.aspx> Acesso em: 2 de abril de 2018.

GORDILHO, ROBERTO. A Quarta Revolução Industrial- Inteligência Artificial. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=CJVlJv_rwW0> Acesso em: 4 de abril de 2018.

MARQUES, KEITE. Manufatura aditiva: o futuro do mercado industrial de fabricação e inovação; EESC·USP. Disponível em: <http://www.eesc.usp.br/portaleesc/index.php?option=com_content&view=article&id=1934:manufatura-aditiva-o-futuro-do-mercado-industrial-de-fabricacao-e-inovacao&catid=115&Itemid=164> Acesso em: 2 de abril de 2018.

Microsoft Azure. O que é nuvem?

Disponível em: <<https://azure.microsoft.com/pt-br/overview/what-is-the-cloud/>> Acesso em: 2 de abril de 2018.

ROZENFELD, HENRIQUE et. al. Gestão de Desenvolvimento de Produtos- Uma Referência para a Melhoria do Processo: 1. ed. São Paulo: Editora Saraiva, 2006.

RUSSEAL, STUART; NORVIG, PETER. Inteligência Artificial: 3. ed. São Paulo: Editora Campus, 2013.

SCHWAB, KLAUS. A Quarta Revolução Industrial: 1. ed. São Paulo: Editora Edipro, 2016.

Toda Matéria. Primeira Revolução Industrial.

Disponível em: <<https://www.todamateria.com.br/primeira-revolucao-industrial/>> Acesso em: 1 de abril de 2018.

Toda Matéria. Segunda Revolução Industrial. Disponível em: <<https://www.todamateria.com.br/segunda-revolucao-industrial/>> Acesso em: 1 de abril de 2018.

Toda Matéria. Terceira Revolução Industrial.

Disponível em: <<https://www.todamateria.com.br/terceira-revolucao-industrial/>> Acesso em: 1 de abril de 2018.

ZAMBARDA, PEDRO. ‘Internet das Coisas’: entenda o conceito e o que muda com a tecnologia, Techtudo. Disponível em: <<http://www.techtudo.com.br/noticias/noticia/2014/08/internet-das-coisas-entenda-o-conceito-e-o-que-muda-com-tecnologia.html>> Acesso em: 2 de abril de 2018.

ZANCUL, EDUARDO. Manufatura aditiva já é realidade; Fundação Vanzolini blog.

Disponível em: <<https://vanzolini.org.br/weblog/2015/04/15/manufatura-aditiva-ja-e-realidade/>> Acesso em: 2 de abril de 2018.

Capítulo 2

A PROSPECTIVA ESTRATÉGICA E O MÉTODO DOS CENÁRIOS DE GODET: UM MAPEAMENTO SISTEMÁTICO

Laís Sant'Anna Fonseca
Cristiano Manhães de Oliveira
Edson Terra Azevedo Filho

A PROSPECTIVA ESTRATÉGICA E O MÉTODO DOS CENÁRIOS DE GODET: UM MAPEAMENTO SISTEMÁTICO

Láís Sant'Anna Fonseca
Cristiano Manhães de Oliveira
Edson Terra Azevedo Filho

Resumo

A sociedade vive em uma era globalizada, onde as metodologias prospectivas assumem o papel de guiar para o futuro, o qual não é único e definido, mas diverso e inconstante. Contudo, os métodos prospectivos apresentam ferramentas que permitem flexibilidade estratégica para tomar decisões, a partir da oportunidade da ação. Dentre os principais expoentes da corrente francesa da prospectiva, tem-se Michel Godet que propõe o método dos cenários, que baseia-se na identificação e projeção das variáveis-chaves influentes em determinado contexto, assim como o relacionamento entre os atores envolvidos. Este método possui cinco ferramentas – MICMAC, MACTOR, SMIC, MORPHOL e MULTIPOL - podendo ser aplicado de forma completa ou compartimentada em quaisquer setores e temáticas. O objetivo deste artigo é aprofundar os conhecimentos acerca das aplicações do método dos cenários a fim de efetuar um mapeamento sistemático da produção científica sobre as ferramentas utilizadas do método. A metodologia aplicada foi o mapeamento sistemático, alicerçado na revisão sistemática, com o apoio de índices bibliométricos e gráficos, apresentando assim, um resumo visual dos resultados obtidos. O levantamento bibliográfico foi realizado na base de dados Scopus, com o acesso até 9 de abril de 2018, obtendo-se 60 registros, dos quais apenas 21 artigos foram enquadrados no escopo da pesquisa. Em suma, o presente artigo tem também como propósito, estimular a utilização do método por outros pesquisadores, a partir de uma maior clarificação das possibilidades de aplicação.

Palavras-chave: mapeamento sistemático, prospectiva estratégica, cenários prospectivos, método dos cenários, Godet

1. Introdução

O homem, desde seus primórdios, se antecipa proativamente às incertezas para ser capaz de tomar decisões. Como o ambiente atual está cada vez mais globalizado e turbulento, as metodologias prospectivas assumem o papel de iluminar o futuro, não único e definido, mas oferecendo possibilidades sobre os cenários possíveis e desejáveis. Os métodos prospectivos são ferramentas que permitem certa flexibilidade estratégica para a tomada de decisão sobre o futuro, obtendo a oportunidade da ação ao invés da aceitação (GODET, 1993).

A incerteza gerenciada torna-se a mola mestra do processo de tomada de decisão. O modo de realizar as escolhas, dando prioridade à inovação e sustentando a competitividade e sustentabilidade estratégicas é feita a partir da antecipação do futuro. As respostas carregam intrinsecamente dúvidas aos gestores e à humanidade. Na trajetória teórica das metodologias e ferramentas da prospectiva estratégica, destacam-se duas correntes que possuem características distintas. A primeira, conhecida como escola francesa ou *La Prospective*, foi fundada na França em meados da década de 60 por Bertrand de Jouvenel. Esta corrente propõe trabalhos que abordam questões futuras e considera a criação e a modificação do futuro de modo intencional pelos atores sociais (AZEVEDO FILHO, 2015).

A segunda corrente tem sua origem nos Estados Unidos, no final da década de 60 e possui como principais autores Herman Khan e Peter Schwartz. Durante a Segunda Guerra Mundial, surgiu um grupo com a intenção da pesquisa tecnológica estratégica para políticas de segurança. Esta possui tradições inglesa, alemã e americana, conhecida como a corrente anglo-saxônica e considera que a tecnologia é o principal motor da mudança socioeconômica (SOUZA, 2009).

Apesar da prospectiva estar no cerne deste artigo, abordam-se aspectos inevitáveis na articulação de atores com o intuito de prepará-los para os desafios futuros. Portanto, optou-se por efetuar uma pesquisa sobre a corrente francesa, em função da valorização do aspecto humano nos estudos prospectivos, no qual abordam questões sobre o futuro da sociedade em variadas dimensões (social, econômica, tecnológica, etc.) (SARAGOÇA, 2012).

Estabelecendo-se como tema do artigo a *La Prospective* de Michel Godet, uma das aplicações que possuem destaque é o método dos cenários que de acordo com Godet (1993), um cenário é um conjunto formado pela descrição de uma situação futura e do encaminhamento dos acontecimentos que permitem passar da situação de origem a essa situação futura, visando sempre a ação e não a predeterminação.

Nas pesquisas realizadas na base de dados *Scopus* sobre o autor Michel Godet, pode-se

conhecer sua representatividade acadêmica, apresentando 46 artigos de própria autoria ou coautoria e 706 citações em 579 artigos de outros pesquisadores no período de 1976 até 2017, com expressivo aumento nos últimos dez anos.

Como o método dos cenários proposto por Godet, possui uma vasta área de atuação, para compreender melhor a importância, estabeleceu-se o seguinte questionamento: Qual a relevância acadêmica do método dos cenários e quais são as suas principais aplicações?

A fim de cumprir o nosso objetivo, realizou um mapeamento sistemático da literatura para investigar o panorama das aplicações (práticas ou teóricas) do método dos cenários de Godet. Além do objetivo proposto, esta divulgação científica possui também o propósito de estimular a utilização do método por outros pesquisadores, em função de uma maior clarificação das possibilidades de aplicação.

O artigo inicia-se com esta introdução e, na seção 2, é descrito o conceito de método dos cenários que será utilizado neste artigo. A seção 3 descreve a metodologia de pesquisa aplicado neste trabalho; a seção 4 apresenta os resultados obtidos da pesquisa bibliométrica; a seção 5 apresenta as conclusões; a seção 6 os agradecimentos e posteriormente são apresentadas as referências utilizadas no trabalho.

2. Método dos cenários

O método dos cenários proposto por Godet da corrente francesa *La Prospective* é realizado em três fases e se apresenta como uma "caixa de ferramentas", podendo ser aplicado tanto de forma completa, quanto compartimentada.

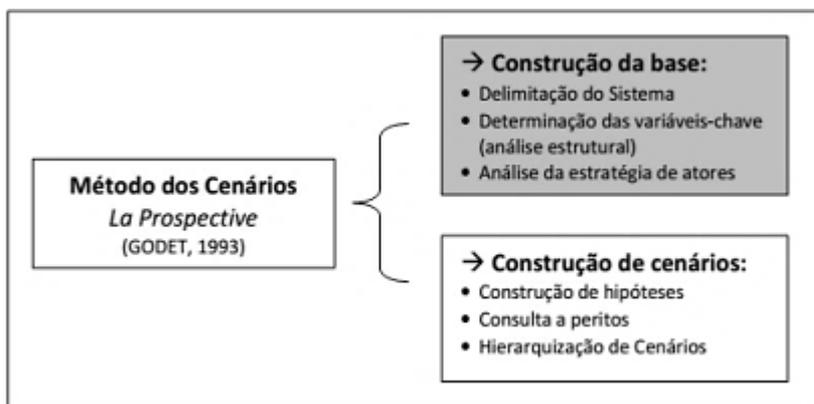
Dentre os métodos de análise prospectiva estratégica, um dos que merece destaque é o método dos cenários, pois apesar da elaboração de cenários e análise prospectiva não sejam semelhantes, a construção de cenários constantemente assume um papel central em grande parte dos estudos prospectivos (GODET; DURANCE; DIAS, 2008).

Embora haja autores que defendam que não há um método dos cenários, mas sim muitas formas de construir cenários parece, no entanto, que na maioria dos especialistas existe um consenso de qualificar como método dos cenários toda a tentativa que compreenda certo número de etapas bem precisas (análise do sistema, retrospectiva, estratégia dos atores, elaboração de cenários), que estão encadeadas logicamente (GODET, 1993).

A descrição dos cenários estudados é baseada na provável evolução das variáveis-chave e nas hipóteses de comportamento dos atores (SUTTER, 2012). O método dos cenários proposto por

Godet organiza o exercício prospectivo com o intuito de definir as estratégias e esclarecer os meios de execução, dividindo em duas etapas: a construção da base e a construção de cenários, com suas respectivas composições, conforme apresentado na Figura 1.

Figura 1 - Etapas do método dos cenários



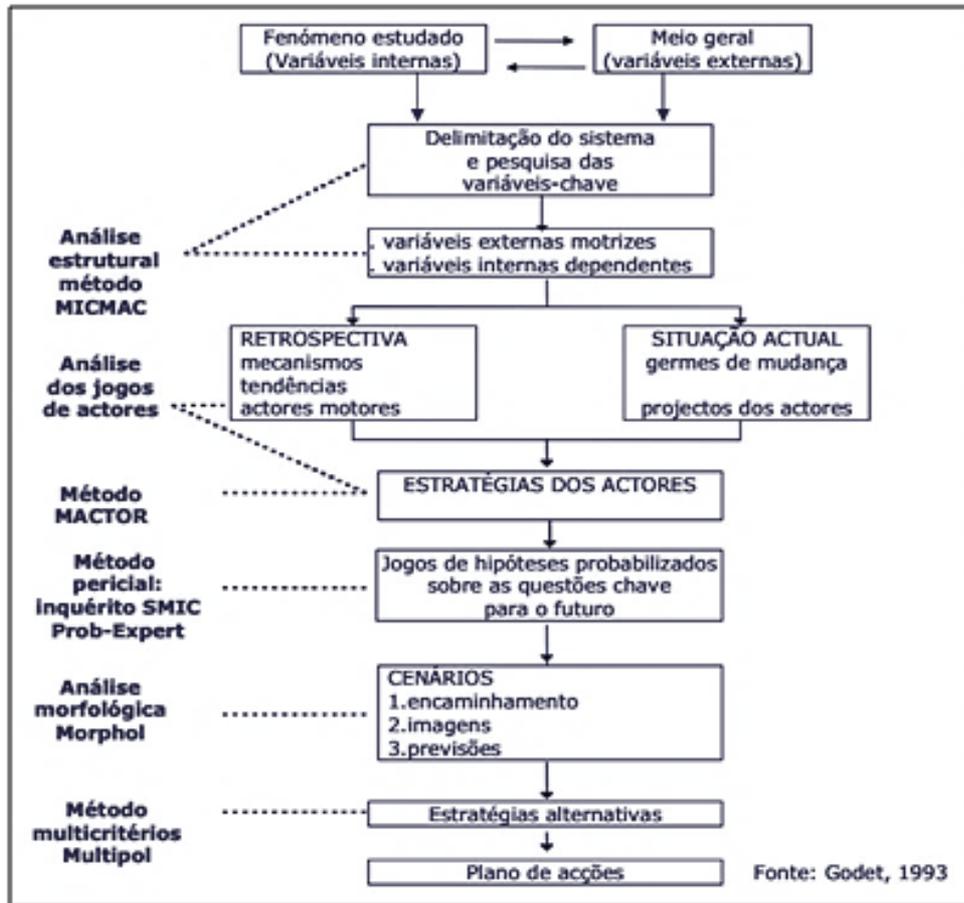
Fonte: Adaptado de Godet (1993)

Nesta figura, as etapas são aprofundadas a seguir:

- a) **Construção da base:** representa atualmente o estado do sistema, incluindo as variáveis-chave e o conjunto de atores. Segundo Godet et al (2008), recomendam que esta fase seja produzida essencialmente em *workshops* que permitam um levantamento aprofundado. Com isso, nesta etapa as variáveis são definidas, classificadas e as suas interações são analisadas pela matriz. Por fim, realiza a análise dos atores com as variáveis-chave.
- b) **Construção de cenários:** resulta no estudo das incertezas. Pelo método de Godet, é feita uma análise morfológica das variáveis e dos fatos futuros mais importantes e que podem alcançar um grande número de potenciais cenários. Para a análise de probabilidade de cada combinação, usa-se o *software* SMIC, que receberá o resultado da consulta a especialistas quanto às probabilidades de ocorrência de cada combinação. Para cada cenário designado, deve-se construir uma sequência, partindo da situação atual até a visão do futuro determinada pelo cenário escolhido.

O método dos cenários engloba cinco ferramentas – MICMAC, MACTOR, SMIC, MORPHOL e MULTIPOL - com a aplicação de forma completa ou compartimentada em quaisquer setores e temáticas, conforme apresentado na Figura 2.

Figura 2 - Método dos cenários



Fonte: Godet (1993)

3. Metodologia

Atualmente, a comunidade científica mundial tem publicado grande número de artigos em diferentes campos científicos. Neste ambiente, é essencial saber quais bases de dados são eficientes e objetivas para pesquisas de literatura. As duas bases de dados mais abrangentes são *Web of Science* e *Scopus*. Além de pesquisar a literatura, estes dois bancos de dados são usados para classificar periódicos em termos de sua produtividade e as citações totais recebidos para indicar o impacto de revistas, prestígio ou influência (CHADEGANI; SALEHI; YUNUS; EBRAHIM, 2013).

A organização do conjunto de *softwares* especializados em dados globais e que são particularmente adequados para análise de várias etapas, usam diferentes tipos de ferramentas de *software*. Este último é particularmente relevante, uma vez que permite a integração de uma

série de pacotes R recentemente desenvolvidos especificamente para bibliometria (GULER, 2016). Neste artigo, utilizaremos o as bibliotecas *bibliometrix*, *wordcloud* e *rworldmap* para a obtenção de alguns resultados na seção 4.

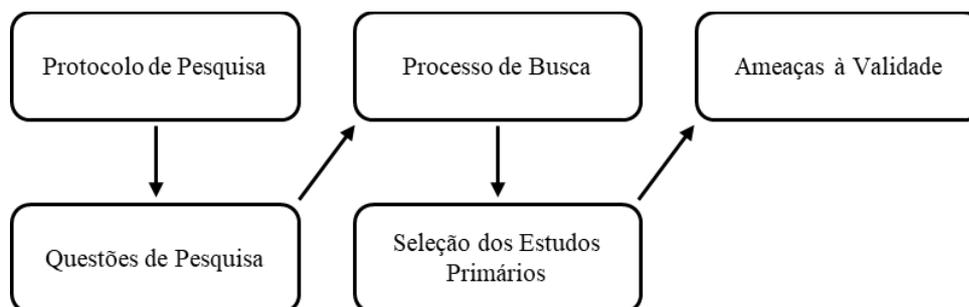
A revisão sistemática da literatura trata-se de uma metodologia rigorosa proposta para identificar os estudos sobre um tema em questão a partir da aplicação de métodos sistematizados de busca visando avaliar a qualidade e validade dos referidos estudos, assim como sua aplicabilidade. A revisão sistemática é realizada baseada em critérios predefinidos que utilizados para evitar os possíveis vieses e possibilitar uma análise mais objetiva dos resultados, facilitando uma síntese conclusiva (SCHÜTZ; SANT'ANA; SANTOS, 2011).

Um tipo de revisão complementar à revisão sistemática é o de estudo de mapeamento sistemático, que segundo Kitchenham (2007), é uma revisão ampla de estudos primários numa área específica que busca identificar que evidências estão disponíveis nessa área. De acordo com Petersen *et al* (2008), afirma que o mapeamento sistemático é um método, cujo objetivo é construir um esquema de classificação e estrutura em um campo de interesse.

Estudos de mapeamento sistemático são usados para estruturar uma área de pesquisa, enquanto revisões sistemáticas são focadas na coleta e síntese de evidências (PETERSEN, 2015). O estudo de mapeamento sistemático fornece uma estrutura do tipo de relatórios de pesquisa e resultados que foram publicados através de categorias. Normalmente é fornecido por um sumário visual, o mapa de seus resultados (PETERSEN *et al*, 2008).

Com o mapeamento sistemático bem especificado, é possível desconsiderar algumas etapas na revisão sistemática. Principalmente, a etapa de identificação de necessidade da revisão e a etapa de identificação de pesquisas primárias e pesquisas similares. Em vista disso, espera-se ganhar tempo na realização das revisões sistemáticas e reduzir o esforço necessário.

Figura 3 – Etapas do processo de pesquisa



Fonte: Adaptado de Kitchenham (2007)

3.1. Protocolo de pesquisa

O presente mapeamento sistemático de literatura seguiu os procedimentos propostos por Kitchenham e Charters (2007), conforme a seguir:

- a) Estágio 1 - Planejamento: identificação da necessidade do mapeamento; especificação da (s) pergunta (s) de pesquisa; e desenvolvimento de um protocolo de mapeamento;
- b) Estágio 2 - Realização: identificação de pesquisa; seleção de estudos primários; extração de dados; e síntese de dados;
- c) Estágio 3 - Relato: especificação dos mecanismos de divulgação e formatação do relatório principal.

3.2. Questões de pesquisa

A especificação das questões de pesquisa é o ponto de partida para qualquer mapeamento sistemático (KITCHENHAM; CHARTERS, 2007). Desta forma, esta pesquisa buscou responder às seguintes questões:

QP1: Quais são os autores e anos de publicação que usam o método dos cenários proposto por Godet?

QP2: Qual a frequência de publicações em periódicos da base *Scopus* referentes ao método dos cenários?

QP3: Quais são os países que são destaques na utilização dessa metodologia de cenários?

QP4: Quais são as palavras-chave mais utilizadas áreas nesse método?

3.3. Processo de busca

O rigor no processo de busca diferencia mapeamentos sistemáticos de outros tipos de revisões (KITCHENHAM; CHARTERS, 2007). Mapeamento e revisões sistemáticas são diferentes em termos de objetivos, questões de validade e implicações. Assim, eles devem ser usados de forma complementar e exigem métodos diferentes (PETERSEN, 2008). A estratégia para identificar as pesquisas publicadas implica na determinação das fontes de busca, que no caso foi utilizada a base *Scopus* presente no *site* <https://www.scopus.com/>.

A *Scopus* é uma base de dados multidisciplinar com citações e resumos da literatura, revistas, jornais comerciais, livros, registros de patentes e publicações de conferências. Este fornece ferramentas para rastreamento, análise e visualização de resultados de pesquisa. É o maior banco de dados abstrato e de citações com mais de 21.500 títulos de mais de 5.000 editores internacionais e oferece a visão mais abrangente da produção mundial de pesquisa nos campos da ciência, tecnologia, medicina, ciências sociais e artes e humanidades (JOSHI, 2016).

A *string* de busca, contendo sinônimos relevantes, foi desenvolvida a seguir:

```
( TITLE-ABS-KEY ( foresight OR prospective ) AND TITLE-ABS-KEY ( "Scenario* Analysis" OR "scenario* design" OR "scenario* planning" OR "scenario* building" OR "scenario* method" ) AND REF ( godet ) )
```

3.4. Seleção dos estudos primários

Os estudos primários relevantes já obtidos, precisam ser avaliados e para isso, é necessário definir alguns critérios de inclusão e exclusão. Estes critérios identificam os estudos primários que tem evidência direta na questão de pesquisa (KITCHENHAM; CHARTERS, 2007).

Para a obtenção dos resultados coerentes, os critérios de inclusão e exclusão foram definidos baseados nas questões de pesquisa.

Inclusão: trabalhos que são artigos de periódicos; estudos nas línguas: espanhol, francês, inglês e português.

Exclusão: estudos duplicados e estudos que apenas citam o método dos cenários e não o aplicam, nem de forma prática nem teórica.

O processo de seleção foi dividido em duas etapas distintas:

- a) Etapa 1: leitura dos títulos, palavras-chave, resumo e conclusão. Considerando os critérios de inclusão e exclusão;
- b) Etapa 2: os estudos incluídos são documentados. Cada estudo é lido por completo e através de formulários a extração dos dados é realizada.

3.5. Ameaças à validade

O protocolo de mapeamento segue passos para garantir a pesquisa mais correta e objetiva. Porém, foram identificadas limitações ao longo do estudo.

Percebeu-se que em relação à identificação dos artigos publicados, a *string* de busca pode não selecionar todos os sinônimos existentes para o termo "cenários prospectivos" e, assim, ser insuficiente para alcançar todos os estudos da área.

Já o processo de busca foi realizado na base de dados *Scopus*, portanto alguns estudos podem não estar publicados e conseqüentemente, ficar de fora da pesquisa.

4. Resultado

Nesta seção são apresentados os resultados e as discussões sobre o mapeamento sistemático efetuado. Contudo, apresentará o processo de seleção de dados, extração de dados e a apresentação das respostas às questões da pesquisa. O *link* a seguir demonstra o código da biblioteca utilizado no R, para extração dos dados e os respectivos resultados: <https://github.com/cristianomoliveira/bibliometrix-scenarios>.

4.1 Processo de seleção e extração de dados

Neste tópico, o processo de seleção dos trabalhos foi realizado em duas etapas. A primeira etapa está na Tabela 1 e foram considerados: leitura do título, palavras-chave, resumo e conclusão. Posteriormente, foram excluídos os trabalhos irrelevantes para as questões investigadas.

Tabela 1 – Quantitativos dos resultados da etapa 1

Periódicos	Resultados da busca	Excluídos	Estudos selecionados
<i>Cahiers de Geographie du Quebec</i>	1	1	0
<i>Communications in Computer and Information Science</i>	1	0	1
<i>CyberGeo</i>	3	3	0
<i>EAAP Scientific Series</i>	1	1	0
<i>Electronic Journal of Information Technology in Construction</i>	1	0	1
<i>Espacios</i>	1	1	0
<i>Foresight</i>	10	10	0
<i>Futures</i>	8	6	2
<i>International Conference on Intelligent Systems Design and Applications</i>	1	0	1
<i>International Journal of Global Energy Issues</i>	1	0	1
<i>International Journal of Life Cycle Assessment</i>	1	1	0

<i>International Journal of Technology Intelligence and Planning</i>	2	1	1
<i>Journal of Corporate Real Estate</i>	1	1	0
<i>Journal of Decision Systems</i>	1	0	1
<i>Journal of Futures Studies</i>	1	0	1
<i>Journal of Modelling in Management</i>	1	0	1
<i>Journal of Sustainable Tourism</i>	1	0	1
<i>Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences</i>	1	0	1
<i>Physica A: Statistical Mechanics and its Applications</i>	1	1	0
<i>PICMET 2017 - Portland International Conference on Management of Engineering and Technology: Technology Management for the Interconnected World, Proceedings</i>	2	2	0
<i>Productions Animales</i>	1	1	0
<i>Recent Developments in Foresight Methodologies</i>	1	1	0
<i>Regional Science Inquiry</i>	1	0	1
<i>Revista Portuguesa de Saude Publica</i>	1	0	1
<i>Sustainability: Science, Practice, and Policy</i>	1	0	1
<i>Technological and Economic Development of Economy</i>	1	1	0
<i>Technological Forecasting and Social Change</i>	11	6	5
<i>Technological, Managerial and Organizational Core Competencies: Dynamic Innovation and Sustainable Development</i>	1	1	0
<i>Veterinaria Italiana</i>	1	0	1
<i>Water Resources Management</i>	1	1	0
Total	60	39	21

Fonte: Dados da *Scopus*. Elaborado pelos autores

Dos 60 artigos encontrados com o auxílio da *string* de busca, 39 foram excluídos por não se encaixarem na pesquisa, devido à duplicação dos artigos, apenas citar Michel Godet, não criam cenários ou são teóricos sem aplicação. A segunda etapa, cujos resultados estão na Tabela 2, os estudos incluídos na etapa anterior foram lidos, e por meio da consideração dos ramos e ferramentas utilizadas, conseguiu-se extrair os dados. Na Tabela 2, observa-se o setor e as ferramentas utilizadas em cada artigo.

Tabela 2 - Setor e ferramentas da busca na etapa 2

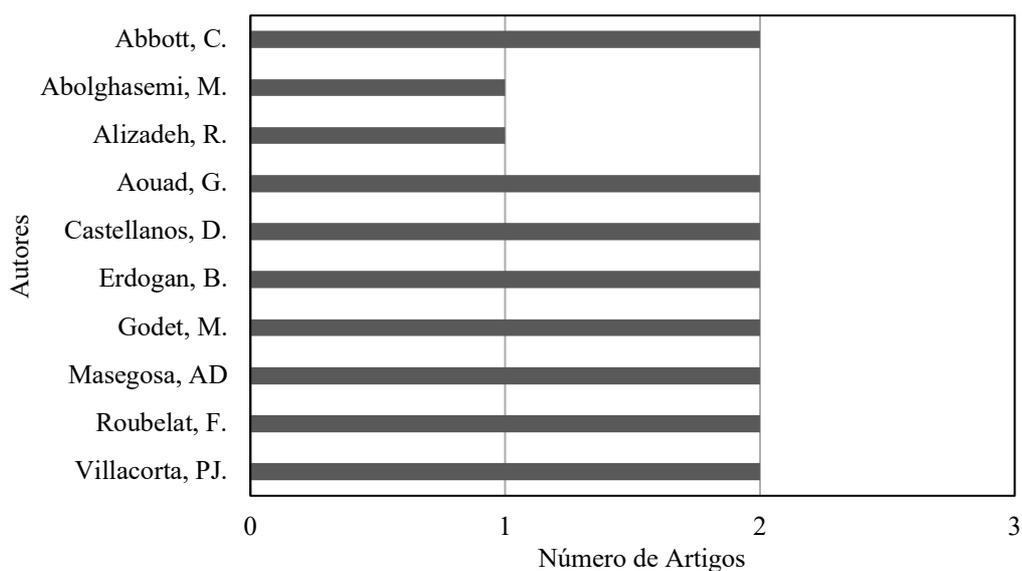
Periódicos	Setor	Ferramentas
<i>Communications in Computer and Information Science</i>	Rural	MICMAC
<i>Electronic Journal of Information Technology in Construction</i>	Industrial	MICMAC
<i>Futures</i>	Nuclear	MICMAC
	Estratégico	MICMAC
	Sustentável e energético	MICMAC
<i>International Conference on Intelligent Systems Design and Applications</i>	Rural	MICMAC
<i>International Journal of Global Energy Issues</i>	Energético	MICMAC
<i>International Journal of Technology Intelligence and Planning</i>	Tecnológico	MICMAC, MACTOR e MULTIPOL
<i>Journal of Decision Systems</i>	Tecnológico	MACTOR
<i>Journal of Futures Studies</i>	Saúde	MICMAC
<i>Journal of Modelling in Management</i>	Energético	MICMAC
<i>Journal of Sustainable Tourism</i>	Turismo	SMIC
<i>Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences</i>	Construção	MICMAC
<i>Regional Science Inquiry</i>	Agrícola	MICMAC, MACTOR, SMIC, MORPHOL, MULTIPOL
<i>Revista Portuguesa de Saude Publica</i>	Saúde	MICMAC
<i>Sustainability: Science, Practice, and Policy</i>	Sustentável e alimentício	MICMAC
	Energético	MICMAC e MACTOR
<i>Technological Forecasting and Social Change</i>	Rural	MICMAC
	Tecnológico	MICMAC
	Nuclear	MICMAC e MACTOR
<i>Veterinaria Italiana</i>	Pecuário e aquicultura	MICMAC

Fonte: Dados da *Scopus*. Elaborado pelos autores

4.2. Autores com o maior número de publicações

Segundo a Figura 4, os artigos apontados pela pesquisa são de diferentes autores, avaliando a diversificação sobre o assunto e referência na área da pesquisa. Contudo, autores pioneiros na corrente francesa obtiveram destaque e foram inseridos nesta classificação.

Figura 4 – Artigos por autor

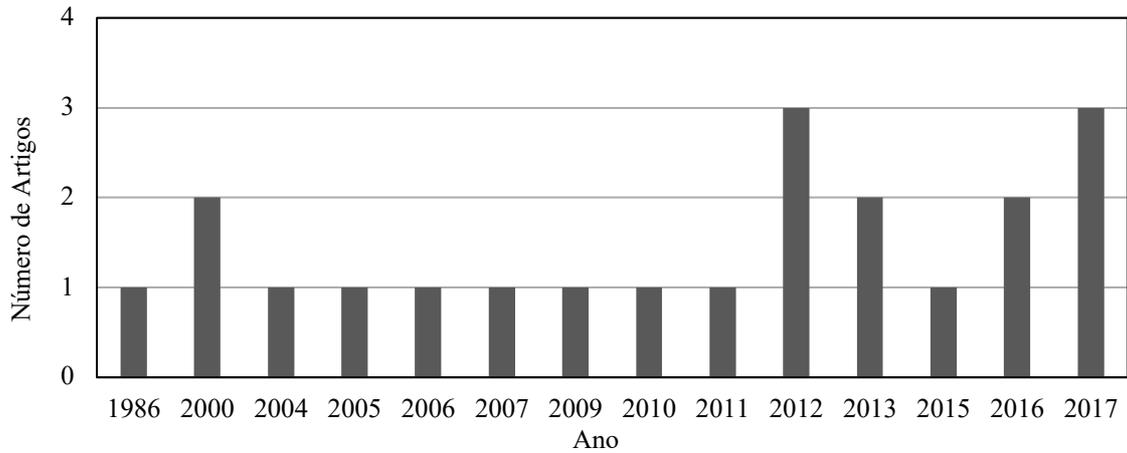


Fonte: Dados da *Scopus*. Elaborado pelos autores

4.3. Quantitativo de artigos por ano

De acordo com a Figura 5, os artigos presentes na área de cenários prospectivos tiveram início em 1986, porém só a partir de 2000 tornaram-se mais frequentes, tendo seu ápice em 2012 com 3 artigos. A pesquisa foi finalizada em 09 de abril de 2018 e foram identificados 3 artigos para o ano de 2017.

Figura 5 – Artigos por ano

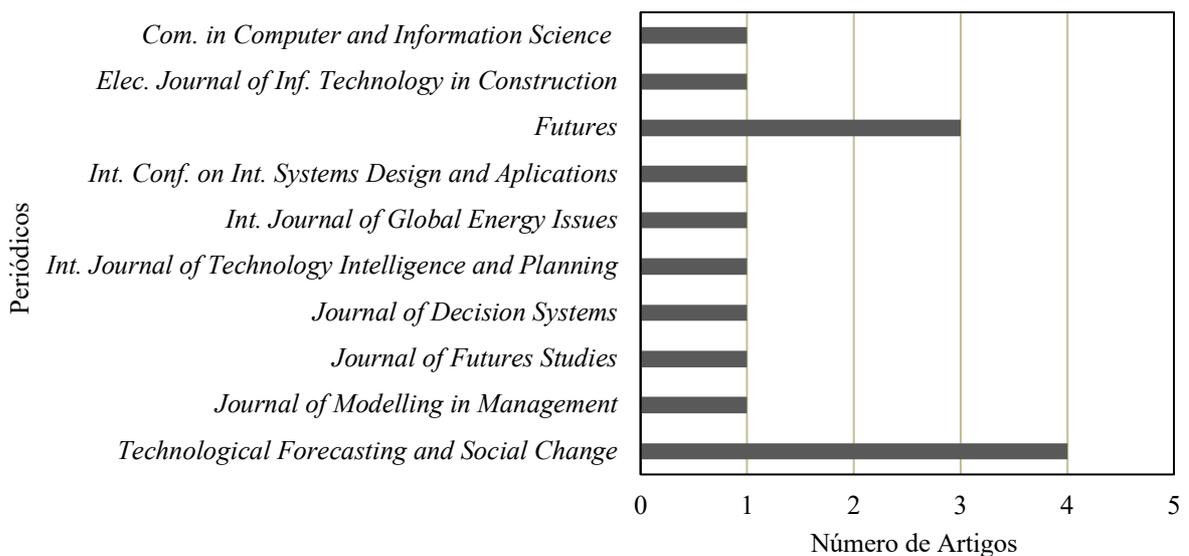


Fonte: Dados da *Scopus*. Elaborado pelos autores

4.4. Instituições mais representativas

As 10 instituições com mais destaque estão indexadas na base *Scopus*, abordando os cenários prospectivos na Figura 6. O *Technological Forecasting and Social Change* possui 4 artigos e a *Futures* possui 3 artigos que utilizam cenários prospectivos. As demais instituições da Tabela 5, possuem 1 publicações cada, sendo a maioria delas localizadas na Europa.

Figura 6 – Artigos por instituição

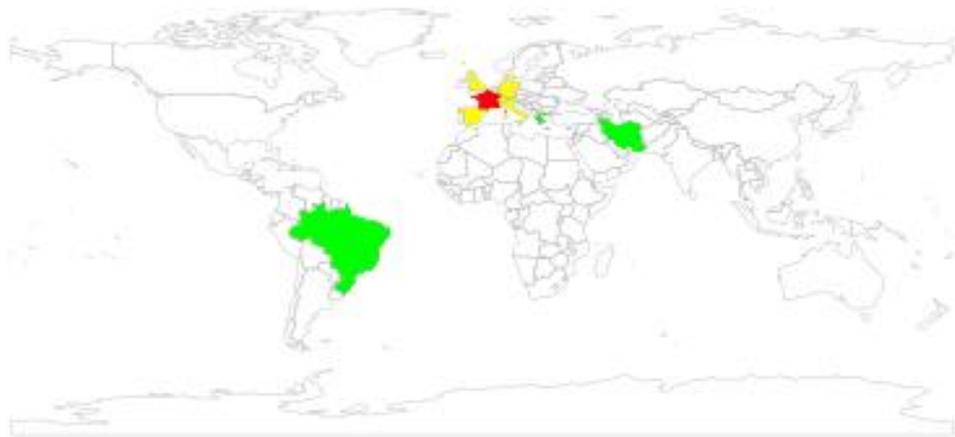


Fonte: Dados da *Scopus*. Elaborado pelos autores

4.5. Análise dos países

O objetivo do pacote *rworldmap* é facilitar a visualização e o mapeamento de dados globais. Devido ao foco em dados globais, o pacote pode ser mais especializado do que os pacotes existentes, tornando o mundo mapeamento mais fácil, em parte porque não é necessário lidar com mapas locais detalhados. O *rworldmap* torna mais fácil a exploração dos dados e também a geração de figuras com qualidade de publicação de suas saídas (SOUTH, 2011). A seguir é mostrado os dados gerados com o *rworldmap*:

Figura 7 – Artigos por país



Fonte: *R Studio* com o pacote *rworldmap*

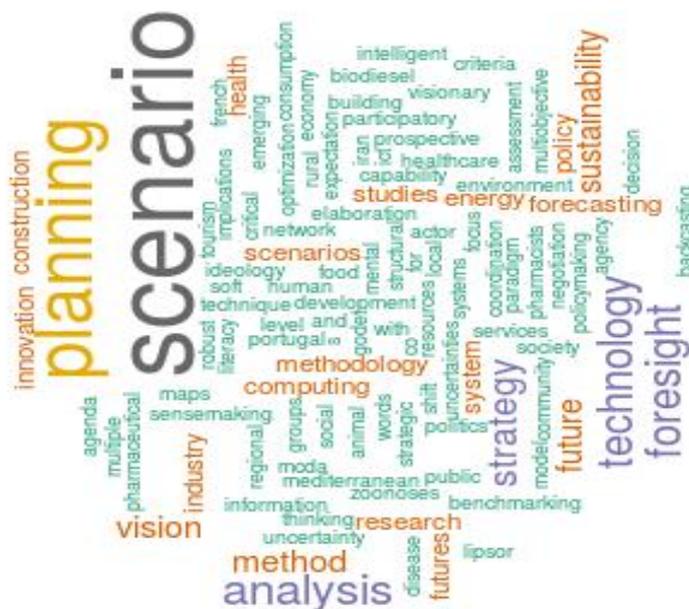
A Figura 7 apresenta o quantitativo de artigos por país resultantes da pesquisa. A França apresenta 3 artigos, conforme mostrado com a cor vermelha, adquirindo destaque diante do restante. Os países que possuem 2 artigos com cor amarela, são: Dinamarca, Alemanha, Itália, Espanha, Suíça e Reino Unido. Já os países com 1 artigo com cor verde, são: Brasil, Grécia e Irã.

4.6. Análise das palavras-chave

As palavras-chave dos periódicos resultantes da pesquisa, podem ser observadas na nuvem de palavras da Figura 8. A nuvem de palavras foi formada a partir do uso do *software R* com o

pacote *wordcloud*, permitindo a visualização das palavras proporcionalmente e a frequência em que aparecem na pesquisa (FELLOWS, 2014).

Figura 8 - Nuvem de palavras-chave dos artigos da pesquisa



Fonte: R Studio com o pacote *wordcloud*

De acordo com a nuvem observada na Figura 2, pode-se concluir que os artigos, citam em ordem decrescente *scenario*, *foresight*, *scenario planning*, *strategy*, *sustainability*, *construction industry*, *forecasting*, *future studies*, *methodology* e *scenario analysis*.

5. Conclusões

Neste artigo realizou-se um mapeamento sistemático da literatura para investigar e entender como o método dos cenários pode contribuir em diferentes ramos, a partir da utilização das ferramentas em diferentes contextos. Os resultados obtidos através do termo pesquisado sugerem que os artigos não utilizam todas as ferramentas, o que é justificado pela adaptabilidade para sua aplicação em determinados casos, a fim de obter uma cobertura mais consistente e ampla.

O objetivo proposto foi atendido ao apresentar um estudo compilando quais anos, autores, instituições, países, áreas e palavras-chave mais relacionadas com o método dos cenários

(GODET, 1993) e como este alcançou destaque acadêmico, segundo as informações extraídas na base *Scopus*.

O *Software R* em conjunto com as bibliotecas *bibliometrix*, *wordcloud* e *rworldmap*, mostraram-se eficientes na extração e geração de resultados, de forma rápida e por simplificar uma tarefa que era árdua, além disso possuem o benefício de serem grátis e de código aberto.

Como trabalhos futuros, pretende-se ampliar o mapeamento sistemático na busca de estender esta abordagem em revisões sistemáticas de determinados ramos, a fim de apoiar a importância da criação de estratégias para cenários futuros. Portanto, irá influenciar pesquisas no meio científico e servir de referência para situações semelhantes, no qual norteará as ferramentas utilizadas e como foi aplicada para a geração de cenários futuros.

As sugestões para os próximos trabalhos são um estudo semelhante incluindo outras bases como *Science Direct*, *ISI (Web of Science)* para fornecer outras informações e ampliar o conhecimento sobre a utilização de ferramentas para prospectar os cenários. Como limitação do estudo percebe-se que não foi possível obter uma classificação geral em relação a outras bases, visto que foi considerada apenas a base *Scopus*.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq pelo fomento à pesquisa que proporcionou estes resultados satisfatórios para o meio científico.

REFERÊNCIAS

AZEVEDO FILHO, EDSON TERRA; PERESTRELO, MARGARIDA E MOLINA-PALMA, MANUEL ANTÓNIO. As descobertas do pré-sal e os desafios competitivos da indústria brasileira do setor de petróleo e gás: Uma abordagem prospectiva. *CIDADES* [online]. 2015, n.31, p.85-98. ISSN 2182-3030.

CHADEGANI, AREZOO AGHAEI; SALEHI, HADI; YUNUS, MELOR; EBRAHIM, NADER ALE. *A Comparison between Two Main Academic Literature Collections: Web of Science and Scopus Databases*. *Asian Social Science*. 2013.

FELLOWS, IAN. *Word Clouds*. *R package version 2.5*. 2015.

Disponível em: <<https://CRAN.R-project.org/package=wordcloud.html>> Acesso em: 21 abr. 2018.

GODET, MICHEL. Manual de prospectiva estratégica: da antecipação à acção. Lisboa: Dom Quixote, 1993. 405 p.

GODET, MICHEL; DURANCE, PHILIPPE; DIAS, JÚLIO. (2008). A prospectiva estratégica para as empresas e os territórios. 2008. Disponível em: <<http://www.lapropective.fr/dyn/francais/actualites/TOPOSPortugaisV190510.pdf>> Acesso em: 05 fev. 2018.

GULER, ARZU TUGCE; WAAIJER, CATHELIIN J. F.; PALMBLAD, MAGNUS. *Scientific workflows for bibliometrics. Scientometrics*. 2016.

JOSHI, ADITI. *Comparison Between Scopus & Isi Web of Science. Journal Global Values*. 7. 2016.

KITCHENHAM, BARBARA; CHARTERS STUART. *Guidelines for performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering. EBSE Technical Report*. 2007, Vol 2.3.

KITCHENHAM, BARBARA; BRERETON, PEARL; BUDGEN, DAVID; TURNER, MARK; BAILEY, JOHN; LINKMAN, STEPHEN. *Protocol for a Tertiary Study of Systematic Literature Reviews and Evidence-based Guidelines in IT and Software Engineering*. 2007.

Disponível em: <<http://www.dur.ac.uk/ebse/protocol.php?id=1.html>> Acesso em: 20 abr. 2018.

PETERSEN, KAI; FELDT, ROBERT; MUJTABA, SHAHID; MATTSSON, MICHAEL. *Systematic Mapping Studies in Software Engineering. 12th International Conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering*. 2008.

PETERSEN, KAI; VAKKALANKA, SAIRAM; KUZNIARZ, LUDWIK. *Guidelines for conducting systematic mapping studies in software engineering: An update. Information and Software Technology*, Volume 64, 2015, p. 1-18.

SARAGOÇA, J. Governo Electrónico Local: Diagnóstico Sociológico, Estratégias de Actores e Futuros Possíveis para o Distrito de Évora, Portugal. [Tese de Doutoramento em Sociologia]. Diagnóstico e Prospetiva Social. Évora: Universidade de Évora. 2012.

SCHÜTZ, GUSTAVO RICARDO; SANT'ANA, ANTÔNIO SÉRGIO SANT'ANA; SANTOS, SARAY GIOVANA. Política de periódicos nacionais em educação física para estudos de revisão sistemática. Revista Brasileira de Cineantropometria do Desempenho Humano, Santa Catarina, v. 13, n. 4, p. 313-319. 2011.

SOUTH, ANDY. *A New R package for Mapping Global Data. The R Journal*. Vol. 3/1: 35-43. 2011.

SOUZA, JULIANA BITTAR. Planejamento de Cenários Prospectivos: Um breve debate sobre as abordagens existentes. XII SEMEAD- Seminários em Administração, São Paulo. XII SEMEAD, 2009.

SUTTER, MARIANA BASSI; ESTIMA, DANIEL; POLO, EDISON FERNANDES; COULTER, JAMES TERENCE. Construção de Cenários: Apreciação de métodos mais utilizados na Administração Estratégica. *Espacios*, Vol. 33 (8) 2012. p. 13. 2012

Capítulo 3

ANÁLISE TERMOECONÔMICA EM UMA PLANTA DE COGERAÇÃO DE ENERGIA

Fábio de Farias Cavalcante
José Gláucio Vieira Gonçalves
Glauco Demóclito Tavares de Barros
Jaílson Charles Santos

ANÁLISE TERMOECONÔMICA EM UMA PLANTA DE COGERAÇÃO DE ENERGIA

Fábio de Farias Cavalcante
José Gláucio Vieira Gonçalves
Glauco Demóclito Tavares de Barros
Jailson Charles Santos

Resumo

Cogeração de energia é uma solução energética que utiliza apenas uma fonte de combustível para gerar duas ou mais formas de energia através da recuperação de calor rejeitado em máquinas térmicas. A energia térmica recuperada é utilizada geralmente na geração de vapor ou conforto térmico. Com o objetivo de aprimorar a eficiência energética, o presente trabalho trata de uma planta de cogeração de energia para obtenção de água gelada realizando uma análise exérgica e termoeconômica, de forma a prover informações que retratem o comportamento e eficiência da planta em operação. A análise exérgica procura identificar qual equipamento do sistema possui maior irreversibilidade, verificando a eficiência da planta. Localizada e quantificada as irreversibilidades do sistema associadas à destruição de exergia no processo, procura-se identificar os custos associados à energia disponível na planta de cogeração. A análise termoeconômica verifica as relações internas dos componentes e de todos os fluxos da planta, através de uma associação dos valores exérgicos dos fluxos com os valores monetários de insumos, materiais, mão de obra, capital, depreciação e operação, consumidos no funcionamento da planta ao longo do tempo. Com base nos resultados das análises efetuadas, eficiências locais e globais são identificadas juntamente com os custos monetários críticos obtidos em um determinado módulo onde se identifica pontos cruciais para efetuar aprimoramentos, viáveis economicamente que ampliarão a eficiência da planta.

Palavras-chave: cogeração de energia, exergia, análise exérgica, análise termoeconômica

1. Introdução

Em meados do século XX, os sistemas de cogeração de energia foram bastante empregados na indústria, devido à dificuldade na transmissão e por consequência no acesso à energia elétrica. Com o surgimento de grandes concessionárias de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica, os sistemas de cogeração foram paulatinamente perdendo importância e diminuindo sua participação. Segundo Tomalsquim (1999), a melhoria da confiabilidade, disponibilidade e das condições econômicas dos sistemas de geração, transporte e distribuição de energia elétrica obtidas com a economia de escala, a disponibilidade de combustíveis a baixos preços e regulações e proibições que se verificaram no decorrer deste século contribuíram para que a cogeração perdesse sua importância e tivesse seu emprego restrito a casos bastante específicos.

A crise do petróleo em 1973 resultou em incentivo à racionalização do uso da energia e dos combustíveis nobres e as desregulações do setor elétrico de alguns países ao longo das últimas décadas restabelecem a importância da tecnologia de cogeração (NETO, 2001). Segundo o Instituto Nacional de Eficiência Energética (INEE), a inclusão em 2004 da figura da geração de energia distribuída na Lei 10.848/04 como uma das possíveis vendedoras de energia para as distribuidoras e o detalhamento feito no Decreto 5.163/04 regulamentou a lei, foi uma medida que possibilitou empresas distribuidoras que até recentemente entendiam esta forma de geração como uma concorrente a adotá-la como uma das melhores formas para mitigar os riscos de planejamento.

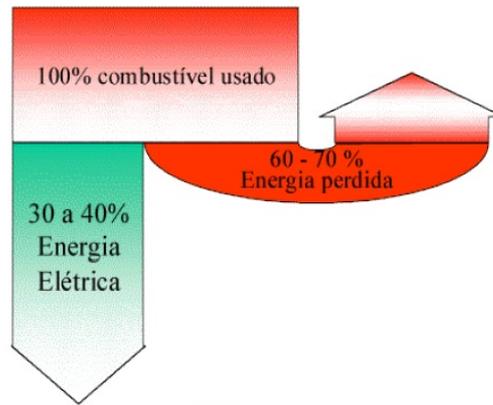
2. A cogeração de energia

Os motivos expostos acima e a acirrada competitividade entre as indústrias no mundo atual, faz com que elas estão sempre se inovem e se aprimorem para se manter no mercado abrindo uma necessidade de elevar níveis de confiabilidade nos processos produtivos, sendo o crescente custo da energia um fator de risco nesta disputa. Diante disto e das perspectivas pouco favoráveis sobre o futuro do sistema energético no curto prazo, a cogeração de energia se torna uma solução energética economicamente e ambientalmente viável para este cenário.

Por mais eficiente que seja um gerador termoelétrico, a maior parte da energia contida no combustível consumido é transformada em calor e perdida para o meio-ambiente. Trata-se de uma limitação física que independe do tipo de combustível ou do motor.

Por esta razão, no máximo 40% da energia do combustível consumido por um gerador termoelétrico é convertido em energia elétrica (INEE, 2016).

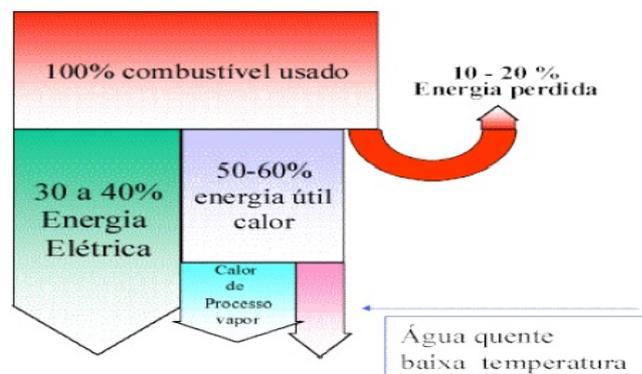
Figura 1 - Eficiência energética de um gerador termoelétrico



Fonte: INEE 2016

Segundo o Instituto Nacional de Eficiência Energética (INEE), como muitas indústrias e prédios comerciais necessitam de calor (vapor ou água quente), foi desenvolvida uma tecnologia denominada cogeração, em que o calor produzido na geração elétrica é usado no processo produtivo sob a forma de vapor. A vantagem desta solução é que o consumidor economiza o combustível que necessitaria para produzir o calor do processo. A eficiência energética é desta forma mais elevada, por tornar útil até 85% da energia do combustível.

Figura 2 - Eficiência energética de um gerador termoelétrico com cogeração



Fonte: INEE 2016

As figuras 1 e 2 representam bem o diferencial que uma solução energética com cogeração de energia pode propiciar, cerca de 50% da energia que é perdida por um gerador termoelétrico

pode ser recuperada com a utilização da cogeração.

3. Principais equipamentos utilizados

Os geradores termoelétricos geram energia através de um alternador que converte a energia mecânica proveniente do motor de combustão interna em energia elétrica. Os motores de combustão interna estão disponíveis numa grande faixa de potência, a partir de alguns quilowatts até 100 MW, possuem construção compacta, podem utilizar uma variedade de combustíveis líquidos e gasosos, elevada eficiência em ciclo simples e um bom fator de disponibilidade (80~90%). Por essas características, se apresentam como a primeira opção na aplicação de sistemas de cogeração de pequeno porte para prédios comerciais, hospitais e hotéis (BARJA, 2006).

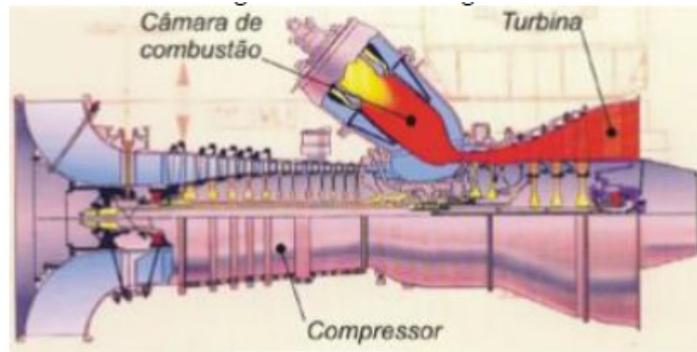
Figura 3 - Gerador termoelétrico



Fonte: STEMAC grupos geradores 2016

A turbina a gás consiste de uma máquina de combustão interna de construção compacta e que apesar do nome, pode utilizar uma diversidade de combustíveis tanto líquidos como gasosos. A denominação de “turbina a gás” foi dada por consequência do seu fluido de trabalho – o ar. Na verdade, trata-se de uma máquina composta por diversos elementos, resumidamente pelo compressor, câmara de combustão e turbina (BARJA, 2006).

Figura 4 - Turbina a gás



Fonte: Barja, 2006

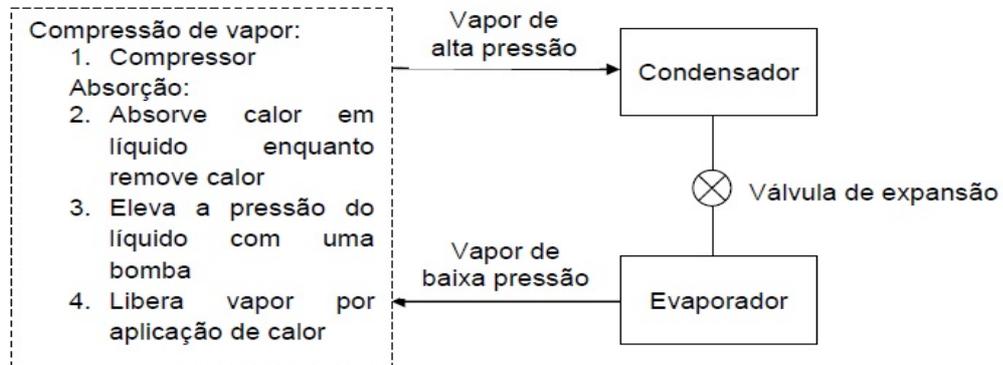
A figura 5 mostra um chiller por absorção enquanto nas figuras 6 e 7 são apresentadas respectivamente e o método para transformar vapor de baixa pressão em vapor de alta pressão num sistema de refrigeração por absorção de calor e um ciclo por absorção básico

Figura 5 - Chiller por absorção de brometo de lítio



Fonte: Eco-energy, 2017

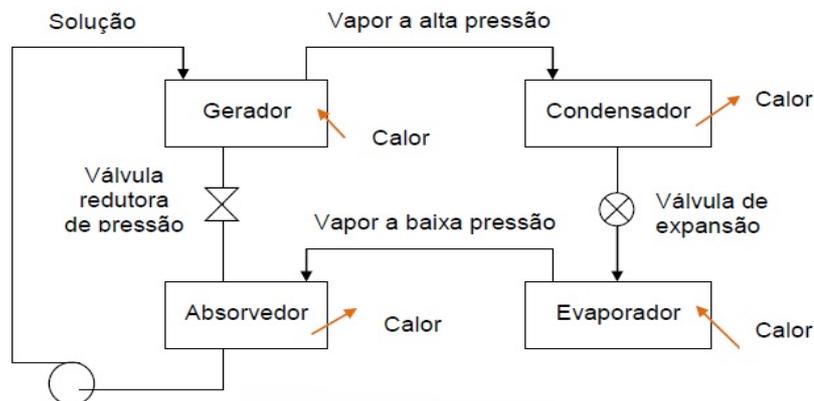
Figura 6 - Transformação do vapor de baixa pressão em vapor de alta pressão em um sistema de refrigeração por absorção de calor



Fonte: Stoecker, 1985

O vapor de baixa pressão do evaporador é absorvido por uma solução líquida no absorvedor. Se esse processo de absorção fosse executado adiabaticamente, a temperatura da solução iria subir e eventualmente a absorção de vapor poderia cessar. Para perpetuar o processo de absorção, o absorvedor é resfriado por água ou ar que finalmente rejeita esse calor para a atmosfera. A bomba recebe o líquido de baixa pressão do absorvedor, eleva sua pressão e o entrega ao gerador. No gerador, calor de uma fonte de alta temperatura expulsa o vapor que tinha sido absorvido pela solução. A solução líquida retorna para o absorvedor por válvula redutora de pressão cujo propósito é promover a queda de pressão para manter as diferenças de pressão entre o gerador e o absorvedor (STOECKER, 1985).

Figura 7: Unidade de absorção básica



Fonte: Stoecker, 1985

Os fluxos de calor para os quatro trocadores de calor, componentes do ciclo de absorção ocorrem da seguinte forma: o calor de uma fonte de alta temperatura entra no gerador enquanto que o calor a baixa temperatura da substância que está sendo refrigerada entra no evaporador. A rejeição de calor do ciclo ocorre no absorvedor e condensador a temperaturas tais que o calor possa ser rejeitado para a atmosfera (STOECKER, 1985).

4. Referencial teórico

4.1. Estudo da exergia

A exergia é uma propriedade extensiva que pode ser destruída e não é conservada, ao contrário da energia, que não pode ser criada e nem destruída, como define a Primeira Lei. (ROJAS, 2007). A exergia é todo o trabalho disponível que pode ser utilizado de uma determinada fonte de energia com as condições do ambiente em sua volta como estado de referencial, também considerada como a mais adequada propriedade termodinâmica para se associar com custos. Quando dois sistemas, em diferentes estados, começam a interagir, um trabalho potencial pode ser obtido até que algum dos sistemas entre em equilíbrio com o outro. Um dos sistemas pode ser chamado de estado de referência, meio ambiente ou meio externo e o outro é um sistema qualquer de interesse. O estado de referência é um sistema maior, em estado de perfeito equilíbrio termodinâmico, que não tem gradientes ou diferenças de pressão, temperatura, potencial químico, energia potencial ou cinética. Logo, não é possível produzir trabalho, a partir de alguma forma de interação entre as partes do meio externo. Para aplicações reais, o sistema chamado estado de referência, é representado pela atmosfera, pelos mares e oceanos e pela crosta terrestre (KOTAS, 1985). Bejan, Tsatsaronis e Moran (1996) definem que também existe um estado morto restrito onde apenas as condições de equilíbrio térmico e mecânico podem ser satisfeitas.

4.2. Exergia de um fluxo

Centrais térmicas são compostas por fluxos com características e propriedades distintas. Logo, a exergia de cada um é avaliada e calculada de forma particular. Segundo Kotas (1985), podemos avaliar a exergia para distintos fluxos de uma planta térmica com as seguintes equações:

4.2.1. Exergia de um fluxo de energia elétrica

Segundo Kotas (1985), a exergia referente a um fluxo de energia elétrica que promove o trabalho de um equipamento é idêntica ao trabalho útil. é dada pela equação (1):

$$B_w = \dot{W} \quad (1)$$

4.2.2. Exergia de um fluxo de matéria

Segundo Kotas (1985), podemos calcular a exergia dos fluxos térmicos sendo que os mesmos não participarão de processos químicos na planta e que comumente são pertencentes a circuitos fechados ou semifechados com a equação a seguir:

$$B = \dot{m} \cdot [(h - h_0) - T_0(s - s_0)] \quad (2)$$

O valor da entalpia (h) e entropia (s) é determinado através das tabelas de propriedades termodinâmicas existentes, \dot{m} representa a vazão mássica do fluido e os valores de referência h_0 e s_0 são obtidos na temperatura de referência de 298,15 K e pressão atmosférica.

4.2.3. Exergia de um fluxo de gás natural e gás da combustão

Segundo Kotas (1985), podemos calcular a exergia do gás natural e gás de combustão (B_g) considerando a variação de exergia química e física. Temos:

$$B_g = \dot{m} \cdot (B_q + B_f) \quad (3)$$

Onde \dot{m} representa a vazão mássica, o primeiro termo da soma (B_q) corresponde à exergia química e o segundo (B_f) à exergia física: Podemos afirmar que a variável B_q depende das substâncias químicas que compõem o fluido considerado como também do peso molecular.

Para o cálculo do componente de exergia física (B_f) será considerado tanto o gás natural como o gás de combustão como um gás perfeito, sendo a exergia física de um fluxo de gás

perfeito segundo Kotas (1985) calculada com a seguinte equação:

$$B_{f=C_p} = C_p \cdot [T - T_0 - \ln(\frac{T}{T_0})] + R_a \cdot T_0 \cdot \ln(\frac{P}{P_0}) \quad (4)$$

5. Análise exergetica

A análise exergetica é uma ótima ferramenta para avaliar sistemas térmicos em geral. Podemos quantificar perdas e destruição de exergia decorrentes de irreversibilidades no sistema. Tsatsaronis (1983) diz que a análise exergetica promove:

- 1) Uma medida para avaliar a magnitude da energia não aproveitada em relação à energia fornecida ou transformada na planta total e no componente analisado;
- 2) Uma medida de qualidade da energia, desde o ponto de vista termodinâmico;
- 3) Uma variável para definir racionalmente as eficiências para sistemas energéticos;

Mediante a localização, medição e conhecimento das causas das irreversibilidades e perdas exergeticas, pode-se melhorar os novos designs de sistemas energéticos e aumentar a eficiência dos sistemas já existentes (ROJAS, 2007). Cada subsistema, seja ele um equipamento, um conjunto de equipamentos ou o sistema completo, possuem interações com fluxos físicos que perdem e ganham exergia, sendo esses respectivamente denominados de fluxo combustível (F - fuel) e fluxo produto (P - product) ambos expressos em termos de exergia. Com estes conceitos podemos agora introduzir outro conceito, o da eficiência exergetica, conhecida como eficiência da segunda lei, que mede o grau de perfeição do processo ou sistema energético, mostrando qual a porcentagem de exergia do combustível F do subsistema pode ser encontrada na exergia do produto P do mesmo subsistema:

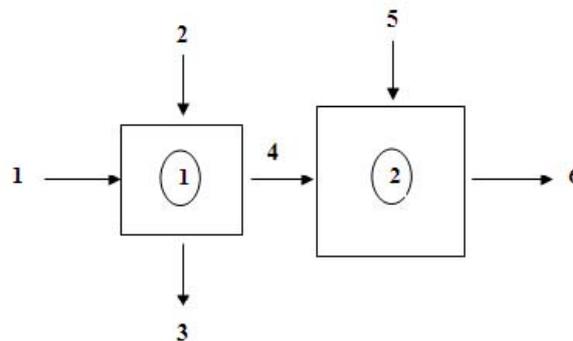
$$\eta = \frac{\dot{P}}{\dot{F}} \quad (5)$$

Valero et al (2001) e Rojas (2007) apresentam, no seu trabalho a variável chamada consumo exergetico unitário, o qual é o inverso da eficiência exergetica, que indica a quantidade de combustível consumida por unidade de produto obtido.

$$k = \frac{1}{\eta} = \frac{\dot{P}}{\dot{F}} \quad (6)$$

É importante frisar que sempre será obtido $\eta \leq 1$ e $k \geq 1$, como determina a segunda lei. O método exergia, desenvolvido por Valero et al (1986), nos artigos “A general theory of exergy saving I, II, III”, estabelece que qualquer sistema, por mais complexo que seja, com suas fronteiras definidas e com seus subsistemas especificados, pode ser representado por uma matriz de incidência A (n x m) A figura 05 do sistema térmico genérico abaixo apresenta uma demonstração da teoria desenvolvida por Valero et al (1986):

Figura 8 - Sistema térmico genérico



Fonte: Silva et al., (2002)

Atribuindo-se valor 1 aos fluxos que entram em determinado componente, -1 aos que saem deste componente e 0 aos que não tem ligação com o subsistema ou sistema que esteja sendo avaliado, se determina desta forma a matriz de incidência apresentada na tabela 1 relativa a figura 8.

Tabela 1 - Matriz de incidência do sistema genérico apresentado

Fluxo	1	2	3	4	5	6
Subsistema 1	1	1	-1	-1	0	0
Subsistema 2	1	0	0	1	1	-1
SISTEMA	1	1	-1	0	1	-1

Fonte: Elaboração própria

Analisando o sistema energético genérico apresentado na figura 8, pode-se definir a sua estrutura produtiva apresentada na tabela 2 utilizando os conceitos de fluxo combustível (F - fuel) e fluxo produto (P - product)

Tabela 2 - Estrutura produtiva do sistema

Subsistema	Fuel (F)	Product (P)
1	2-3	4-1
2	5	6-4
SISTEMA	(2-3)+5	6-1

Fonte: Elaboração própria

Os resíduos são classificados em perdas e subprodutos. As perdas são fluxos que não têm utilidade alguma e são eliminados sem produzir algum prejuízo ou precisar de mais recursos externos, incluindo investimentos e equipamentos. Os resíduos não têm utilidade, mas a diferença é que produzem prejuízos tanto nas instalações como no seu entorno. Para que ditos fluxos sejam eliminados ou convertidos em perdas é preciso o consumo de recursos energéticos e econômicos. Os subprodutos são considerados muitas vezes inúteis, desde o ponto de vista da sua anterior utilização e sempre têm um custo não competitivo já que, de outra forma, seria objetivo principal do processo (produto). Muitas vezes, estes subprodutos podem ser reutilizados, trazendo benefícios ao sistema (ROJAS, 2007). A definição F-P-R do conjunto de equipamentos que forma o sistema deverá cumprir a condição:

$$\dot{F} - \dot{P} - \dot{R} = 0 \quad (7)$$

6. Introdução aos custos exergéticos – ECT

A análise exergética baseada em cálculos matriciais foi desenvolvida por Valero, Muñoz e Lozano (1986) é conhecida como “Exergetic Cost Theory” (ECT). Valero et al. (1986), Torres (2001), desenvolveram um procedimento para atribuir custos baseando-se exclusivamente na termodinâmica. Segue abaixo o fundamento do método.

- O custo exerético de um Fluxo (B^*), Recurso (F^*) ou Produto (P^*), é a quantidade real de exergia que tenha sido necessário para produzi-lo.
- Uma análise detalhada da natureza do processo e definição de F-P-L permite resolver o problema de atribuição de custos.

Os custos exeréticos dos fluxos de entrada em um equipamento devem ser repercutidos nos fluxos úteis que deixam o mesmo.

Desta forma, Valero (1986) definiu algumas proposições básicas para o problema de atribuição de custos, são elas:

Proposição I: O custo exerético é uma propriedade conservativa, portanto:

$$\sum B^* = 0 \quad (8)$$

Proposição II: Para as componentes de múltiplas entradas do combustível total de um subsistema, o custo exerético unitário dos fluxos de saída deve ser igual ao dos fluxos de entradas.

Proposição III: Se um subsistema tem um produto total formado por várias componentes, então todas elas terão o mesmo custo exerético.

Proposição IV: Se uma componente do produto tiver vários fluxos de saída, todos eles terão o mesmo custo exerético unitário.

Proposição V: Na ausência de uma atribuição externa aos fluxos de perdas do sistema, se deve lhes atribuir um custo exerético nulo uma vez que não tem utilidade posterior,

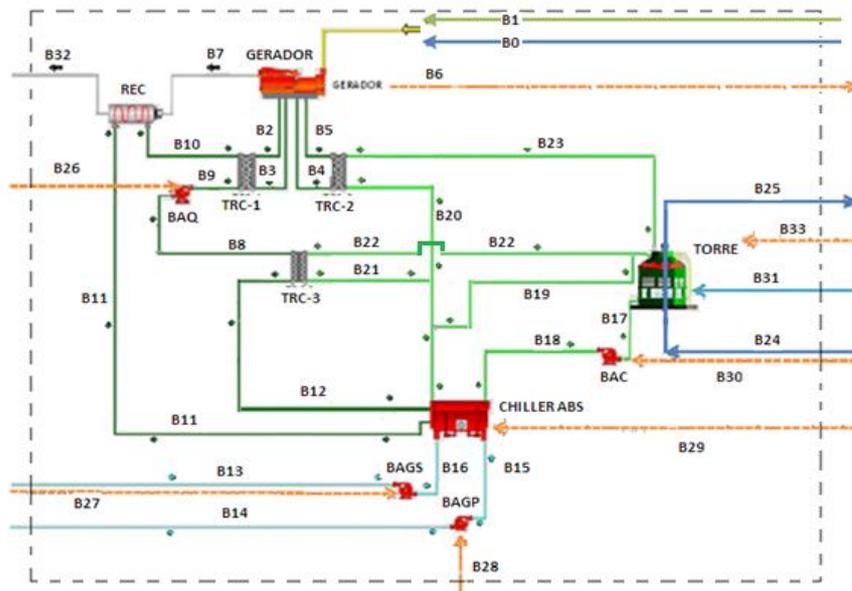
Proposição VI: Na ausência de um valor externo, o custo exerético dos fluxos de entrada ao sistema é igual a sua exergia: $B^* = B$.

$$B^* = B \quad (9)$$

7. Análise exergetica e termoeconômica em um projeto de uma planta de cogeraçao

A matriz exergetica em estudo se inicia com os cálculos da exergia dos diferentes fluxos, como fluxos de água, gás natural e fluxos de ar úmido. A planta de cogeraçao em estudo, apresentada na figura 9, será então representada por uma matriz de incidência A (11x34) onde esta matriz relaciona os subsistemas, os fluxos físicos, assim como a sua direção e reflete o nível de agregação da planta em análise.

Figura 9 - Diagrama de fluxos da planta de cogeraçao

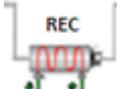


Fonte: Elaboração própria.

Usando as preposições de Valero (1986) apresentadas no tópico anterior, a matriz de incidência A(11x34) transforma-se em uma matriz quadrada $A_{\alpha}(34x34)$ que relaciona todos os fluxos e equipamentos da planta. A análise Termoeconômica consiste de cálculos matriciais desenvolvidos sobre o sistema complexo representado pela matriz quadrada A_{α} com vetores constituídos por valores econômicos associados à exergia dos fluxos que compõem o sistema complexo.

É de suma importância a identificação dos fluxos e equipamentos junto com as suas respectivas variáveis termodinâmicas para a devida compreensão do estudo. A tabela 3 é uma tem por finalidade facilitar a compreensão do diagrama ilustrativo do projeto em estudo apresentado na figura 9.

Tabela 3 - Legenda dos diagramas de fluxo

Ilustração	Descrição
	Grupo Motogerador - 01 UGG-01
	Trocador de calor - TRC JW-01
	Trocador de calor - TRC AC-01
	Recuperador de calor - REC-01
	Bomba de água quente- BAQ-01
	Trocador de calor- TRC CP-01
	Chiller por absorção - CH-ABS-01
	Torre de resfriamento – TR-01
	Bomba de água gelada secundária – BAGS-01
	Bomba de água primária – BAGP-01
	Bomba de água condensada – BAC-01
	Fluxo de trabalho
	Fluxo de água gelada
	Fluxo de água condensada
	Fluxo de água quente
	Fluxo de água de reposição
	Fluxo de Ar
	Fluxo de gás natural
	Fluxo de gases de exaustão

Fonte: Elaboração própria

Com o uso das equações (1), (2), (3) e (4); tabelas termodinâmicas e a identificação dos combustíveis e produtos em cada equipamento inicia-se a determinação da eficiência exérgica de todos eles de acordo com a equação (5). Com as equações (5) e (6) de eficiência exérgica e consumo exérgico respectivamente, se obtém a destruição de exergia, eficiência exérgica e o consumo exérgico em cada equipamento, apresentados na tabela 4.

Tabela 4 - Destruição, eficiência e consumo exérgico dos equipamentos

Equipamento	D (KW)	η	K
Gerador	2.560	53%	1,89
TRC-1	7,93	96%	1,04
TRC-2	8,01	42%	2,38
REC	0,72	99%	1,01
BAQ	10,54	28%	3,57
TRC-3	144,45	31%	3,23
Chiller ABS	249,26	17%	5,88
Torre	191,15	79%	1,27
BAGS	42,24	54%	1,85
BAGP	10,95	25%	4,0
BAC	65,8	28%	3,57

Fonte: Elaboração própria

Para iniciarmos a análise termoeconômica, as equações matriciais a seguir terão que ser satisfeitas:

$$A_{\alpha} \times B^{*} = Y^{*} \quad (10)$$

$$A_{\alpha} \times \Pi = Z \quad (11)$$

Onde o vetor Y^{*} corresponde ao vetor de amortização energética que possui valores das exergias dos m fluxos. A resolução do sistema dependerá da atribuição externa de valores ao vetor coluna Y^{*} , para que os custos exérgicos dos fluxos do sistema possam ser conhecidos. (SILVA et al, 2002). Com a equação (10), obtemos o vetor B^{*} que corresponde ao custo exérgico. Com a obtenção dele, podemos determinar o consumo exérgico unitário para cada subsistema, como mostra a tabela 4.

O vetor Π são os custos exergoeconômicos dos m fluxos e constitui o vetor a ser determinado. Z é o vetor que corresponde os custos de capital, manutenção e operação. Entender como se repercutem os custos monetários associados aos fluxos do processo produtivo em uma planta industrial e quantificá-los em cada equipamento ou subsistema, é de grande importância para tomada de decisões com relação a alterações futuras na mesma. A tabela 5 a seguir mostra os custos fixos da planta térmica.

Tabela 5 - Custos fixos da planta térmica

Equipamento	Custo Fixo R\$/ano	Custo Fixo R\$/s
Gerador	1.734.008,44	0,43988
TRC-1	26.272,86	0,006665
TRC-2	36.782,00	0,009331
REC	84.073,14	0,21328
BAQ	73.563,99	0,018662
TRC-3	36.782,00	0,009331
Chiller ABS	709.367,09	0,179951
Torre	77.767,65	0,019728
BAGS	78.818,57	0,019995
BAGP	63.054,87	0,015996
BAC	68.309,42	0,017329

Fonte: Elaboração própria

A tabela 6 a seguir mostra os custos variáveis da planta térmica

Tabela 6 - Custos variáveis da planta térmica

Atribuições ext.	Custo unitário	Consumo	Custo (R\$/s)
ω_1 – gás natural	1,5921 R\$/m ³	0,158612 m ³ /s	0,252525
ω_2 – Ar	0	0,8988 m ³ /s	0
ω_3 – energia elé.	0,41325 R\$/Kw	14,6 Kw/h	0,001676
ω_4 – energia elé.	0,41325 R\$/Kw	91,25 Kw/h	0,010475
ω_5 – água gelada	0	0,046389 m ³ /s	0
ω_6 – energia elé.	0,41325 R\$/Kw	14,6 Kw/h	0,001676
ω_7 – energia elé.	0,41325 R\$/Kw	7,9 Kw/h	0,000907
ω_8 – energia elé.	0,41325 R\$/Kw	91,25 Kw/h	0,010475

ω_9 – Ar úmido	0	158,41 Kg/s	0
ω_{10} – água	11,41 R\$/m ³	1,67 m ³ /h	0,005293
ω_{11} – energia elét.	0,41325 R\$/Kw	14 Kw/h	0,001607

Fonte Elaboração própria

7. Resultados e conclusões

A análise exergética feita inicialmente e apresentada na tabela 4 nos permite concluir que, o recuperador de calor (REC) e trocador de calor 01 (TRC-01) foram os equipamentos com a maior eficiência exergética apresentada, sendo 99% e 96% respectivamente apresentando também menor consumo. Na contramão deles, estão os equipamentos chiller ABS e a bomba de água gelada primária (BAGP), que apresentaram 17% e 25% respectivamente de eficiência exergética. Ambos com maior consumo exergético. A análise termoeconômica foi feita feita considerando-se inicialmente os custos fixos e posteriormente os custos variáveis. Como mostra a tabela 5, o gerador, o recuperador (REC) e o chiller ABS foram os equipamentos que apresentaram maior custo.

Mediante os resultados obtidos como localização, medição e conhecimento de causas das irreversibilidades e perdas exergéticas, podemos realizar melhorias no sistema como aprimoramento no design da planta, troca ou aperfeiçoamento de equipamentos com menor eficiência, dentre outras melhorias que ampliarão a eficiência global desta planta no intuito de melhor aproveitamento energético.

REFERÊNCIAS

BARJA, G. J. A., A cogeração e sua inserção ao sistema elétrico. Dissertação (Mestrado em Ciências Mecânicas). Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, 157p. 2006.

BIZZO, W. A. Geração, distribuição e utilização de vapor. Campinas – Brasil (apostila), Faculdade de Engenharia Mecânica, UNICAMP, 2003.

COPERGAS - Companhia Pernambucana de Gás. Disponível em: <<https://www.copergas.com.br/produtos/geracaocogerao/#.WGL3gtIrK1s>>. Acesso em: 16 set 2016.

CORONADO, C. J. R. Análise Termoeconômica da Produção de Biodiesel: Aspectos Técnicos, Econômicos e Ecológicos. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica). – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 171p. 2010.

INEE - Instituto Nacional de Eficiência Energética. Disponível em: <http://www.inee.org.br/forum_co_geracao.asp?Cat=gd>. Acesso em: 14 ago 2016.

KOTAS. T. J. The exergy Method of thermal plant analysis. 1ª edição, 1985.

MARTINEZ. J. H. C. Análise termoeconômica de um ciclo a gás regenerativo com injeção de etanol na entrada do compressor. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Instituto de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Itajubá, 112p. 2016

MORAN. M. J; SHAPIRO. H. N. Fundamentals of engineering thermodynamics. 5ª Edição, 2006.

NETO, V. C. Análise de viabilidade de cogeração de energia elétrica em ciclo combinado com gaseificação de biomassa de cana-de-açúcar e gás natural. 2001. Tese (Mestrado em Ciências em Planejamento Energético). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 174p. 2001.

ROJAS, S. P. Análise exergética termoeconômica e ambiental de um sistema de geração de energia. Estudo de caso : usina termoelétrica - Rio madeira. Dissertação (Mestrado em Ciências Mecânicas). Universidade de Brasília, 176p. 2007.

SHUANGLIANG ECOENERGY- Use energy Right. Disponível em: <<http://sl-ecoenergy.com.br/1-2-direct-fired-absorption-chiller/163317>>. Acesso em: 9 fev 2017.

SILVA, J. Análise termoeconômica do processo de geração de Vapor e potência do segmento de celulose e papel. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Instituto de Engenharia Mecânica - Universidade Federal de Itajubá. 158p. 2002.

STEMAC – Sociedade Técnica de Máquinas e Acessórios. Grupos Geradores. Disponível em: <<http://www.stemac.com.br/pt/Pages/default.aspx>>. Acesso em: 21 jan 2017.

STOECKER, W. F. Refrigeração e ar condicionado. Editora McGraw-Hill. São Paulo, 1985.

TOLMASQUIM, M. T. Avaliação dos potenciais técnico e econômico e identificação das principais barreiras à implantação da cogeração de energia no Brasil em setores selecionados. In: Relatório Final, Convênio PROCEL/ELETROBRÁS – PPE/COPPE/UFRJ. 1999.

TORRES, C.; VALERO, A. Curso de termoeconomia. Zaragoza, Espanha. Universidad de Zaragoza, Dpto. Ingeniería Mecánica, 2001. Disponível em: <<http://www.teide.cps.unizar.es>>. Acesso em: 14 jan. 2017.

VALERO, A.; LOZANO, M. A. Curso de termoeconomia. Campinas, Brasil (Apostila). Universidade Estadual de Campinas, 1994.

Capítulo 4

APLICAÇÃO DA CURVA DE APRENDIZAGEM COMO INSTRUMENTO DE PLANEJAMENTO E CONTROLE EM PROJETOS DE PERFURAÇÃO DE POÇOS: UM ESTUDO DE CASO

Duan Vilela Ferreira
Lais Gomes Barbosa da Silva
Luiz Henrique Ramos da Silva Filho

APLICAÇÃO DA CURVA DE APRENDIZAGEM COMO INSTRUMENTO DE PLANEJAMENTO E CONTROLE EM PROJETOS DE PERFURAÇÃO DE POÇOS: UM ESTUDO DE CASO

Duan Vilela Ferreira
Lais Gomes Barbosa da Silva
Luiz Henrique Ramos da Silva Filho

Resumo

O mercado atual é fortemente marcado pela competitividade empresarial e projetos de investimento têm sido uma das grandes ações tomadas por empresas para garantir seu crescimento e lucratividade. Neste cenário, o planejamento e monitoramento de projetos se tornam fundamentais para garantia do sucesso e uso apropriado dos recursos. Desta forma, este trabalho demonstra a aplicabilidade de uma ferramenta (curvas de aprendizagem) de planejamento e monitoramento de operações de perfuração de poços direcionais.

Palavras-chave: projetos, planejamento, curva de aprendizagem, perfuração

1. Introdução

Projetos de investimento tem sido peça chave para garantia de continuidade ou crescimento das companhias no atual mercado de alta competitividade. A grande maioria destes tem como objetivo a construção, implantação ou extensão de empreendimentos que irão suportar o aumento da produção, clientes e do lucro.

Neste contexto, o planejamento de ações e operações de projetos se torna uma poderosa ferramenta para garantir que os cenários futuros ocorram da forma e no tempo esperados além da aplicação coerente dos recursos. Assim, técnicas e modelos são utilizados visando previsões mais confiáveis. As curvas de aprendizagem são utilizadas justamente devido a busca de otimização da produção, redução de perdas e distribuição de tarefas, de acordo com as características de atuação dos trabalhadores. Dessa forma permite-se que sejam estimados prazos mais assertivos, melhor alocação de recursos e programação da produção.

O presente trabalho tem como objetivo avaliar a aplicabilidade da teoria das Curvas de Aprendizagem no processo de planejamento e controle da perfuração de poços para mineração por dissolução, tendo como objeto de estudo as operações de uma sonda pertencente a uma mineradora atuante no estado de Sergipe.

2. Planejamento e controle de projetos

O Project Management Institute (2013) define projeto como um esforço temporário empreendido para criar um produto, serviço ou resultado exclusivo. Assim, jamais haverá dois projetos exatamente iguais. Além disso, um projeto possui prazo de execução (datas de início e fim), e pode ser encerrado quando os objetivos são alcançados ou quando se torna inviável que os estes sejam alcançados.

O planejamento e a programação de um projeto são responsáveis por estabelecer quando, quanto e de que maneira as atividades serão executadas, com base em previsões de demanda das atividades. Dessa forma, este gerenciamento tem a função de transformar informações da necessidade em planos executáveis para atendimento do escopo.

De acordo com Tubino (2007), o planejamento deve estabelecer a maximização dos resultados e atenuação dos riscos presentes no processo, inseridos no contexto dos objetivos de longo prazo de qualquer empresa. Após o planejamento, a programação tem como objetivo definir variáveis de tempo e quantidade relacionadas a todos os recursos necessários para execução das tarefas. Vale ressaltar que a programação tem cunho operacional e de curto prazo, ou seja, estabelece a melhor maneira de se atender determinada necessidade evidenciada na fase de planejamento.

O controle de um processo consiste na fase subsequente ao planejamento e programação do mesmo. Larson e Gray (2016) afirmam que o controle de um projeto é o processo de comparar o desempenho realizado com o planejado a fim de identificar desvios, avaliar possíveis planos de ação alternativos e tomar as medidas corretivas apropriadas. Desta forma, monitora-se o cumprimento dos objetivos e metas, no sentido de identificar as possíveis anomalias ao longo da execução das atividades para que as mesmas possam ser corrigidas.

De acordo com Tubino (2007), as atividades de controle fornecem o suporte ao sistema durante a execução das tarefas, no sentido de garantir que as atividades planejadas sejam realizadas de maneira satisfatória. Assim, estabelecem uma ligação entre o planejamento e a execução das operações para identificar desvios, suas relevâncias e, conseqüentemente,

fornecem subsídio para que as ações corretivas sejam tomadas. Apesar de os recursos necessários para atendimento das metas serem dimensionados no planejamento, na prática, divergências entre o planejado e o executado são muito frequentes. Quanto mais rápido se identifica um desvio, menores serão as consequências e menos necessárias serão as ações a serem tomadas no sentido de corrigi-lo.

Já Slack *et al* (2009) afirmam que as irregularidades ocasionadas na execução das atividades podem ser retificadas com intervenções na operação do processo para a criação de um replanejamento das atividades a fim de realinhar o plano com as metas almejadas. Porém, a depender da velocidade e volume de operação, reavaliações de planos podem demandar muito tempo e uma consequente perda de tempo e recursos. Logo, ações corretivas operacionais de curto ou médio prazo podem manter as tarefas alinhadas com os objetivos preestabelecidos e, consequentemente, evitar a reavaliação de planos e impactos negativos no desempenho do processo.

Segundo Maximiano (2014), o processo de controle e monitoramento de um projeto gera dados sobre todas as variáveis de desempenho: escopo, prazo, custos, riscos, recursos humanos, entre outros. Desta forma, é possível compilar dados e realizar análises para suporte de decisões em diferentes níveis em uma empresa executante de um projeto. Na maioria das vezes, as empresas possuem áreas (setores, departamentos) de planejamento e controle em seus projetos com o objetivo de auxiliar a gestão do projeto nos processos decisórios, principalmente baseando-se nos dados de planejamento e execução.

3. Curvas de aprendizagem

As curvas de aprendizagem representam o fenômeno da evolução do trabalho em termos de produtividade baseada na repetição de uma determinada tarefa. São capazes de representar numericamente o fenômeno do aprendizado em cenários iniciais até os mais evoluídos em termos de experiência para uma determinada atividade. Dessa forma, as curvas de aprendizagem são aplicadas em todas as operações em que há possibilidade de melhoria contínua.

O fato de que a produtividade pode ter incrementos baseados na repetição foi observado em 1920, na base aérea da empresa americana T.P. Wright, que realizava montagem de aeroplanos. Inicialmente foi observado que o número de horas para montar o segundo aeroplano de uma série era cerca de vinte por cento menores que o tempo de montar o

primeiro. Ou seja, a cada vez que se dobrava a quantidade de aeroplanos montados, a tempo sofria reduções proporcionais baseadas no aprendizado e familiarização dos executantes com o ambiente de trabalho.

Tal fenômeno foi publicado em um artigo científico pela empresa T.P. Wright em 1936 descrevendo uma teoria para mensuração de custos de produção baseada na repetição da montagem dos aviões. Até os dias atuais, as curvas são aplicadas em diversas vertentes da ciência e negócios como a medicina e a construção civil, em todos os níveis de complexidade de trabalho, auxiliando profissionais de suas áreas no planejamento e previsão de cenários.

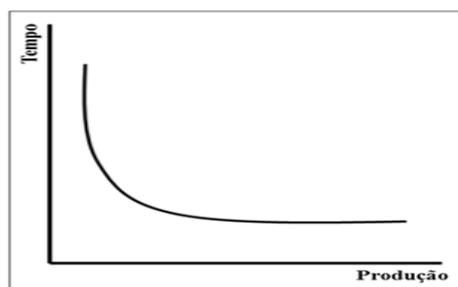
Na concepção de Póvoas apud Leite e Possamai (2001), a análise da produtividade de um processo oferece condições para melhorias na execução das atividades, seja na aplicação correta da mão de obra, dos materiais ou equipamentos. A influência da produtividade nos custos e prazos de um projeto é fator determinante na competitividade de uma empresa.

Para qualquer técnica a ser utilizada para o planejamento das atividades, os valores de produtividade devem ser conhecidos para que se obtenha os prazos de execução. Porém é bastante recorrente que a falta dessas informações ocasione previsões de prazos e custos equivocadas. Geralmente o tempo de execução de uma atividade é determinado de acordo com a experiência da pessoa responsável pelo planejamento. (ANZANELLO & FOGLIATTO, 2007)

Segundo Moreira (2009), quanto mais vezes se repete uma atividade, mais aperfeiçoamento se adquire e, dentro de certos limites, torna-se cada vez menor a quantidade de recursos aplicados para realizar a tarefa (tempo, dinheiro, pessoas, máquinas). Ainda segundo o autor, é possível aprender proporcionalmente mais (evoluir com mais intensidade) se a tarefa executada for complexa e longa, tendo assim maiores oportunidades de aperfeiçoamento.

No Gráfico 1 pode-se observar uma representação gráfica de uma curva de aprendizagem que leva em consideração a quantidade produzida de um determinado bem em unidades e o tempo gasto por unidade produzida.

Gráfico 1 - Curva de aprendizagem



Fonte: Autoria própria (2018)

O Gráfico 1 é a representação da equação $y = an^{-b}$, onde:

- y = tempo para fabricação da n ésima unidade (repetição);
- a = tempo para fabricação da primeira unidade;
- b = constante de aprendizagem da curva;

Existem vários modelos de curvas que levam em consideração aspectos de diferentes tipos, porém, não fazem parte do objeto de estudo do presente trabalho.

Ressalta-se que o comportamento da curva evidencia a redução do tempo de produção por unidade em relação ao aumento da quantidade produzida, ou seja, em relação à repetição seriada da atividade de produzir. Vale ressaltar ainda que o fenômeno acima representado só pode ser possível se o trabalho executado for contínuo e repetitivo, sem interrupções nos processos e alterações significativas na forma de executar, com uma mesma equipe de trabalho.

Brett e Millheim em 1986 aplicaram a teoria das curvas de aprendizagem na perfuração de poços de petróleo. Eles observaram que os tempos e custos de perfuração para construção dos poços em um determinado campo apresentavam reduções até determinado ponto acompanhados pela evolução do trabalho, repetição e aprendizado da equipe de sonda.

Assim, as curvas de aprendizagem se tornaram ferramenta de apoio para as equipes de engenharia no trabalho de análise de desempenho na perfuração de poços de petróleo, levando-se em consideração perdas de tempo por anormalidades, custo métrico de perfuração e outros parâmetros. A compilação dos dados de tempo de perfuração de uma equipe em um determinado campo ou projeto irá evidenciar se há, ou não, um acúmulo de conhecimento ao longo do tempo, possibilitando melhoria do trabalho executado.

Ressalta-se que, com base em dados teóricos e simulações com variáveis de campo obtidas nas fases anteriores à perfuração (pesquisas de campo, poços pioneiros, sondagem, sísmica, equipamentos a serem aplicados, coeficientes), é possível estabelecer curvas de aprendizado teóricas para um campo, gerando uma forma de previsão de tempo e custo das operações.

4. Perfuração de poços

As operações (objeto de estudo) deste trabalho estão inseridas no contexto da execução de um

projeto industrial para implantação de um complexo de exploração de cloreto de potássio para fertilizantes com lavra por dissolução em Capela, Sergipe. Dentro deste cenário está a perfuração dos poços direcionais com operações muito similares aos poços de petróleo, de onde será extraído do subsolo o cloreto bruto para beneficiamento posterior. O conjunto de poços perfurados para extração do minério chama-se mina.

O processo de mineração por dissolução consiste na extração do minério bruto através da dissolução de cavernas de minério que são acessadas por meio dos poços. Basicamente, injeta-se água doce através de um poço que irá dissolver o minério contido na caverna que, posteriormente, será elevado.

Porém, antes do início da perfuração dos poços (execução) como também do planejamento da mesma, foram realizados estudos de sondagem, prospecção e engenharia necessários. Estes tiveram o objetivo de conhecer tecnicamente, do ponto de vista geológico, de perfuração e geomecânico, a formação rochosa (litologia) das áreas de concentração do minério e todas as características necessárias para os trabalhos de engenharia detalhada.

Após a conclusão da etapa citada anteriormente, foram iniciados os trabalhos de engenharia detalhada de perfuração de poços. Este foi subsidiado por dados de planos de lavra (sequenciamento), correlação com poços experimentais perfurados anteriormente (sondagem), especificações de materiais e equipamentos. Ou seja, com base nos parâmetros e modelos estabelecidos anteriormente, foi realizado o trabalho de especificação detalhada dos poços a serem perfurados.

Sendo assim, a equipe de engenharia de perfuração estabeleceu um agrupamento dos poços a serem perfurados em cinco tipos diferentes: A, B, C, D, E. Tal agrupamento considerou parâmetros de profundidade, inclinação e construção da curva para desvio. Todos os poços tiveram especificações detalhadas para perfuração, direcional, fluidos, revestimentos, brocas, perfilagem, cimentação e demais operações. Além disso, foram especificadas também as atividades a serem realizadas para perfuração, incluindo sequenciamento e os tempos por tarefa.

No Quadro 1, pode-se observar os tempos e conjuntos de tarefas de perfuração de um poço tipo A.

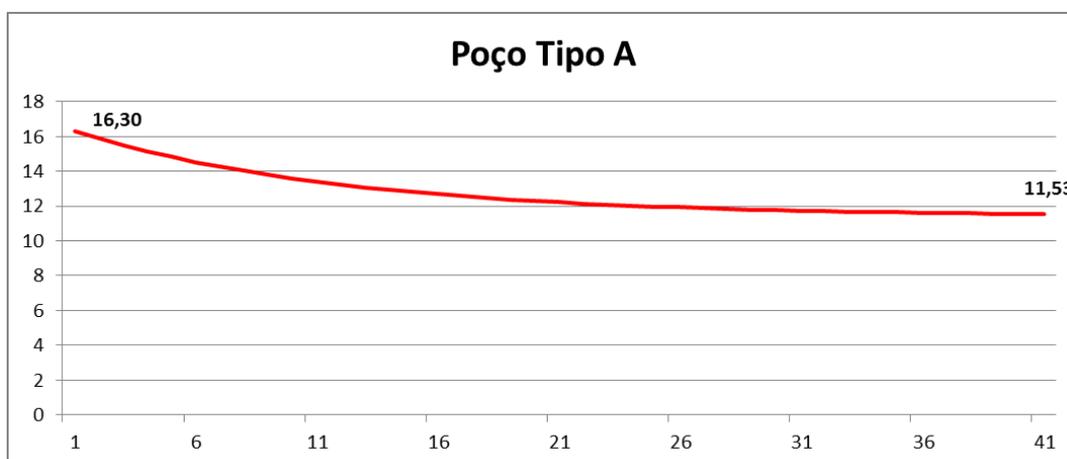
Quadro 1 - Tempos de Perfuração Poço Tipo A

Descrição	Tempo dias	Profundidade (m)	
		MD	TVD
Efetuar reunião operacional. Movimentar sonda no skid e finalizar montagem e preparação de fluido de perfuração	0.8	-	-
Perfurar mantendo a verticalidade com broca Tricônica 17 1/2" até 70m. Manobrar coluna. Descer BHA direcional e continuar perfurando de 70 a 240m incrementando a inclinação do poço até 17° com DLS 3 °/30m. Continuar perfurando de 240 até 300m mantendo a inclinação. Circular, efetuar manobra curta até topo dos DC de 8", retirar coluna até superfície	3.1	300.0	294.9
Descer e cimentar revestimento 13 3/8". WOC. Cortar revestimentos de 20" e 13 3/8". Instalar Seção A. Montar e testar conjunto BOP 13 5/8" 3M . Descer BHA direcional com broca PDC 12 1/4". Cortar cimento e acessórios de revestimento.	3.1	300.0	294.9
Perfurar 5m de formação nova. Efetuar LOT/ FIT. Continuar perfurando fase 12 1/4" de 305 até 443m mantendo a inclinação. Circular e efetuar manobra até superfície. Descer BHA para perda de angulo, perfurar verticalizando o poço de 443 até 647m com DLS de 2,5°/30m. Efetuar manobra curta. Perfurar mantendo a verticalidade do poço de 647 até 800m. Circular, efetuar manobra curta. Retirar coluna até superfície.	5.3	800.0	785.7
Efetuar perfilagem final do poço. Descer BHA para acondicionamento. Bombear tampão pesado/viscoso para suporte de cimentação. Retirar coluna. Descer e cimentar revestimento 9 5/8" até 697m. WOC. Levantar BOP e ancorar revestimento. Apartar conjunto BOP. Instalar Seção B com brida cega 11" 3M. Testar vedação secundaria . Acondicionar Ante Poço	4.0	800.0	785.7
	16.3	800.0	785.7

Fonte: Empresa proprietária do projeto (2018)

Seguidamente a determinação dos poços tipo, a equipe de engenharia de perfuração realizou a mensuração das curvas de aprendizagem teóricas para cada tipo de poço (de A a E) a ser perfurado, partindo-se do princípio da evolução da equipe de trabalho, familiarização com a com a Sonda de perfuração utilizada, regime de execução (repetição) e outros fatores operacionais que favorecem a produtividade da equipe de forma geral. A curva de aprendizagem pode ser visualizada no Gráfico 2.

Gráfico 2 - Curva de Aprendizagem Poço A (dias)



Fonte: Empresa proprietária do projeto (2018)

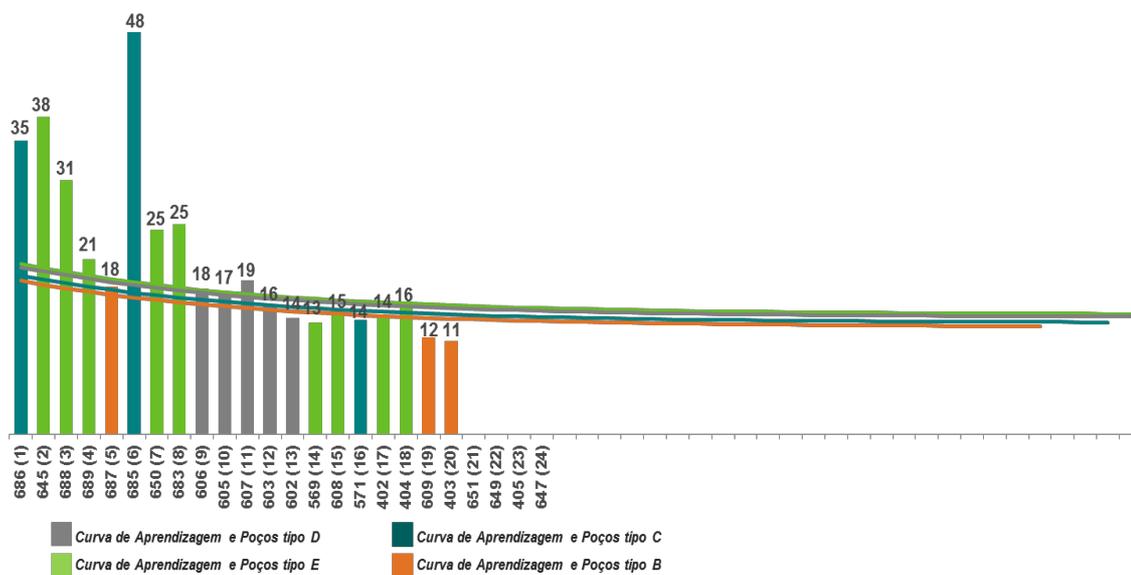
Cada ponto da curva é a resultante do cálculo da equação que determina o tempo de perfuração dos poços Tipo A desde o primeiro (16,3 dias) até o quadragésimo primeiro (11,3 dias) que representa o atingimento do limite técnico dos poços A. Ou seja, o nível máximo de produtividade na perfuração deste tipo de poço ou ainda a quantidade mínima de dias a ser utilizada na mesma operação.

Logo, com base nos dados (pontos) das curvas de aprendizagem de cada tipo de poço e sequência de perfuração, a equipe de planejamento e controle realizou todo o plano de perfuração dos poços ao longo do tempo (cronogramas, estimativas de custos, objetivos), incorporando os dados da curva de aprendizagem de cada um dos tipos, prevendo a evolução esperada e estabelecendo as metas de tempo, escopo e custo poço a poço do projeto.

Em seguida, foi iniciada a perfuração dos poços do projeto e o monitoramento das operações. Inicialmente, como é comum em várias atividades que estão no começo de suas ações, houve algumas intercorrências, instabilidades que desviaram a perfuração dos limites de seus objetivos. Porém, com análises e ações operacionais efetivas, a equipe responsável conseguiu reestabelecer o controle e o acompanhamento da curva na execução ocorreu de forma surpreendente.

No Gráfico 3, é possível avaliar o comparativo entre as curvas de aprendizagem do projeto (linhas coloridas representam o planejado baseado na curva teórica) e o ocorrido na execução (barras coloridas representam o realizado).

Gráfico 3 - Curvas de Aprendizagem e Poços Perfurado



Fonte: Empresa proprietária do projeto (2018)

A partir do gráfico, observa-se ainda que a partir do nono poço perfurado (606 (9)) os objetivos começaram a ser atendidos e, ao final de 20 poços perfurados, as curvas de aprendizagem de alguns poços tipo já haviam sido superadas (poços tipo B). Vale ressaltar que o atingimento das curvas de aprendizagem planejadas também foi resultado de uma série de ações operacionais e fatores que provocaram o efeito de redução dos tempos. Tais ações, além do aprendizado natural e amadurecimento da equipe, podem ser vistas abaixo:

- Perfuração em Batch (por fases);
- Aprendizagem e treinamento do pessoal
- Operações simultâneas
- Uso de MWD Eletromagnético
- Melhoria no desenho dos BHA

Conforme citado anteriormente, algumas das ações de melhoria operacional foram tomadas com base nos desvios ocorridos. Tais ações, em sua maioria, não haviam sido planejadas inicialmente (poços tipo ou curva de aprendizagem), porém, foram capazes de trazer o processo para os limites estabelecidos atendendo à curva de aprendizagem proposta.

5. Considerações finais

No atual cenário do mercado, variáveis como produtividade e competitividade estão em constante crescimento. Isto se evidencia no tocante aos fertilizantes, devido às suas características de alta demanda e dependência nacional. Neste contexto, o gerenciamento dos projetos de implantação de novas indústrias que venham a atenuar tal escassez se tornam estratégicos para o desenvolvimento.

Assim, a realização de um planejamento apoiado na aplicação de ferramentas que possam trazer visão antecipada de possíveis cenários operacionais, de custos e recursos irão aumentar consideravelmente as chances de sucesso na execução dos projetos evitando variações significativas e maior assertividade entre planejamento e execução. Logo, ressalta-se a importância do uso de modelos tal qual o demonstrado neste trabalho (curvas de aprendizagem) que possuam grande aplicabilidade para auxílio nas operações.

REFERÊNCIAS

ANZANELLO, M. J.; FOGLIATTO, F. S. Curvas de aprendizado: estado da arte e perspectivas de pesquisa. *Gestão e produção*. São Carlos, SP. vol. 14, n. 1 (jan./abr. 2007), p. 109-123

BRETT, J. F.; K. K. MILLHEIM. The drilling performance curve: A Yardstick for Judging Drilling Performance. 1986. Disponível em <https://www.onepetro.org/download/conference-paper/SPE-15362-MS?id=conference-paper%2FSPE-15362-MS>, acessado em 13 de Março de 2018.

GERMANY, DARCY JOSÉ. A Mineração no Brasil. 2002. Disponível em <https://www.finep.gov.br/images/a-finep/fontes-de-orcamento/fundos-setoriais/ct-mineral/a-mineracao-no-brasil.pdf>, acessado em 19 de Setembro de 2017.

LARSON, E. W.; GRAY, C. F. Gerenciamento de Projetos: O Processo Gerencial. 6a ed. ed. Porto Alegre: AMGH, 2016.

LEITE, MADALENA OSÓRIO; POSSAMAI, OSMAR. A Utilização das Curvas de Aprendizagem do Planejamento da Construção Civil. 2001. Disponível em http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2001_tr19_0999.pdf, acessado em 19 de Setembro de 2017.

MAXIMIANO, ANTÔNIO CESAR AMARU. Administração de Projetos: Como transformar ideias em resultados. São Paulo: Atlas, 2014.

MOREIRA, DANIEL AUGUSTO. Administração da Produção e Operações. São Paulo: Cengage Learning, 2009.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. Um Guia do Conhecimento em Gerenciamento de Projetos (Guia PMBOK). 5a ed. Newtown Square, Pennsylvania: Project Management Institute, Inc., 2013.

SLACK, NIGEL; CHAMBERS, STUART; JHONSTON, ROBERT. Administração da Produção. São Paulo: Atlas, 2009.

TUBINO, DALVIO FERRARI. Planejamento e Controle da Produção: teoria e prática. São Paulo: Atlas, 2007.

Capítulo 5

APLICAÇÃO DA PROGRAMAÇÃO LINEAR NA REDUÇÃO DE DESPERDÍCIO DE CHAPAS EM INDÚSTRIA METAL MECÂNICA

Bruna Luísa Streda
Tanise Ourique da Silva
Ivete Linn Ruppenthal

APLICAÇÃO DA PROGRAMAÇÃO LINEAR NA REDUÇÃO DE DESPERDÍCIO DE CHAPAS EM INDÚSTRIA METAL MECÂNICA

Bruna Luísa Streda
Tanise Ourique da Silva
Ivete Linn Ruppenthal

Resumo

A redução de custos prepara a indústria para um mercado competitivo enfrentado nos últimos tempos. Neste sentido, este estudo foi aplicado em uma indústria fabricante de implementos agrícolas, tendo como problemática, identificar a melhor forma de diminuir o desperdício no uso de chapas otimizando os planos de corte através da programação linear inteira. Esta pesquisateve por objetivo minimizar os desperdícios, utilizando a programação linear inteira. A abordagem utilizada foi quantitativa, abordagem comparativa entre as possibilidades de corte, e descritiva, considerando todas as possíveis programações dos cortes. Realizou-se pesquisa a campo com coleta de dados na empresa, utilizou-se ferramentas como o AutoCad para a disposição das possibilidades de crte e Excel para resolução dos cálculos de programação linear. Inicialmente foi feita a análise dos planos de corte, os quais limitaram-se as chapas 6,35 X 1500 X 5800 mm, usadas no Conjunto Eixo Chassi Reboque. Baseando-se nas demandas registradas pelo sistema, realizou-se os planos de corte no AutoCad, elaborou-se 42 planos de corte com as possibilidades e com os menores desperdícios ((comprimento x largura x 7,85) / 1.000.000). Para a resolução dos cálculos utilizou-se programação linear inteira. Tratando-se dos desperdícios, o modelo 1 foi o melhor (-5,89 kg), porém, gerou-se estoque de peças grandes, já o modelo 2 gerou o estoque de 1 peça de fácil alocação, logo, o modelo 2 foi considerado a melhor opção. Obteve-se a resolução da problemática e atingiu-se os objetivos de minimizar os desperdícios de chapas utilizando a programação linear.

Palavras-chave: Programação linear inteira, redução de desperdício de chapas, indústria metal mecânica.

1. Introdução

Com o fomento da competitividade empresarial, aumentou-se a preocupação pela produção enxuta com o mínimo de desperdícios durante os processos produtivos. A importância da programação linear dos cortes de chapas para uma empresa é a prevenção deste desperdício, seja este de material e tempo, sendo assim, a programação fomenta a produção enxuta, além de promover o entendimento dos processos produtivos dos acadêmicos envolvidos no desenvolvimento do estudo. A indústria metal mecânica apresenta fortemente as perdas devido a programação indevida dos cortes de chapas de aço, sendo elas, de corte plasma ou a *laser*.

Destaca-se alguns estudos realizados anteriormente que serviram de base para a comprovação dos dados teóricos em relação da pesquisa operacional: (FOGLIATTO, 2009), (LACHTERMACHER, 2009), (TAHA, 2008), (BELFIORE e FÁVERO, 2013), se tratando da base de administração da produção destaca-se: (CHIAVENATO, 2003), (MARTINS e LAUGENI, 2002), (SLACK, CHAMBERS, *et al.*, 2013), e baseou-se em trabalhos já realizados como: (COSTA, 2017) e (SANTOS, 2014).

Esta pesquisa teve como objetivo minimizar os desperdícios de chapas em uma indústria metalúrgica, utilizando a programação linear inteira, apresentando os melhores cortes de chapas levando em consideração a demanda de produção. As sobras obtidas a partir dos cortes plasma na indústria metal mecânica acarretam desperdícios na produção, sendo assim, apresentando a problemática de qual a melhor forma de melhorar o uso de chapas otimizando os planos de corte através da programação linear inteira.

Este artigo é composto da revisão da literatura na qual inclui-se a conceituação de programação de produção (planos de corte e redução de desperdícios), pesquisa operacional (programação linear). Métodos e técnicas de pesquisa (abordagem, técnicas, materiais) e análise e discussões dos resultados contendo os planos de corte obtidos, formulação do modelo matemático e a comparação dos 2 modelos desenvolvidos. E por fim, as considerações finais do trabalho.

2. Revisão da literatura

2.1. Programação da produção

A administração da produção trata da maneira pela qual todos os produtos e serviços são produzidos. Incluindo os mais diversos segmentos, todos eles dependem de um supervisor de produção ou gerente de operações que organiza as operações de modo que seja realizada cada etapa da melhor maneira possível. O sucesso de tal atividade depende do modo em que as tarefas são realizadas bem como os problemas e decisões que devem ser administradas pelos gerentes de produção do sistema (SLACK, CHAMBERS, *et al.*, 2013).

A reunião de recursos sejam eles materiais ou humanos para a produção de bens e serviços, configura a função da produção nas organizações. Nas organizações há um funcionário responsável por administrar os possíveis recursos contidos em uma produção, sendo ele o gerente de produção, podendo variar sua denominação conforme seu segmento de produção (distribuição, hospital, indústria, loja). Sendo a administração da produção refere-se as atividades utilizadas pelos gerentes para usufruir dos recursos a fim de realizar a produção.

Segundo Martins e Laugeni (2002) os objetivos da administração da produção compreende a melhor forma de utilização dos insumos a fim de alcançar o objetivo em questão seja ele um produto físico ou um serviço, sendo assim, a administração de produção encontra-se em todos os níveis de uma organização (estratégico, tático e operacional).

2.1.1. Planos de corte

Em uma empresa metal mecânica uma das principais atividades é o corte de chapas metálicas para a produção de peças e subconjuntos, a programação de cortes devem ser administradas de modo que com uma unidade seja possível o máximo de aproveitamento (SANTOS, 2014). Sendo assim, os modelos matemáticos desenvolvidos na pesquisa operacional auxiliam na otimização dos cortes de chapas, desta forma, quando um supervisor de produção toma a decisão de utilizar de modelos matemáticos nos planos de cortes busca a diminuição de desperdício e custos de produção (LOESCH e HEIN, 2009).

2.1.2. Redução de desperdício

A redução do desperdício refere-se a produção enxuta, ou sistema Toyota de produção, tal redução de desperdício refere-se ao uso eficiente dos recursos envolvidos em um processo produtivo, sendo assim, esses recursos podem ser de origem material, financeira, humana,

entre outros. No sistema Toyota identificou-se sete tipos de desperdícios, sendo eles: superprodução; tempo de espera; produtos com defeito; estoque excessivo; movimentação desnecessária; processamento inútil; logística desnecessária (COSTA, 2017).

Segundo Costa (2017), a busca por uma produção enxuta demanda a adoção de várias ferramentas existentes, desta forma, com a redução dos desperdícios de tempo de produção, melhor aproveitamento das matérias-primas, layout adequado, prazos de entrega e recebimento de matérias balanceados, melhora-se a produtividade da empresa.

2.2. Pesquisa operacional

A Pesquisa Operacional ou, como mais comumente é chamada, PO nasceu a partir de problemas logísticos, de tática e de estratégia militar, solucionando o problema de recursos militares limitados que deveriam ser utilizados da melhor forma possível. A Pesquisa Operacional utiliza métodos científicos para tomar a melhor decisão em relação a um problema, para isso engloba não somente ramos de engenharia como também de gestão de negócios, matemática aplicada e ciências da computação (BELFIORE e FÁVERO, 2013).

Os problemas de Pesquisa Operacional são construídos a partir de uma função objetivo (como exemplo maximizar lucros, diminuir desperdícios) e com inúmeras restrições (matéria prima, máquinas, mão de obra (FOGLIATTO, 2009)). Então a PO possui o objetivo principal desenvolver através dos cálculos informações concretas que norteiem uma tomada de decisão em empresas (CHIAVENATO, 2003). A Pesquisa Operacional segundo Chiavenato (2003) possui 6 fases:

- Construir o problema;
- Formular o modelo matemático;
- Deduzir a solução do modelo;
- Testar o modelo matemático e a solução do mesmo;
- Estipular um controle sobre a solução;
- Aplicar a solução.

2.1.3. Programação linear

A Programação Linear é uma das principais subáreas da Pesquisa Operacional. Em problemas de Programação Linear a função objetivo como também todas as suas restrições são representadas por funções lineares e as variáveis de decisão devem ser contínuas e apresentar valores em um intervalo de números reais. A mesma tem como objetivo maximizar ou minimizar a função linear em questão (BELFIORE e FÁVERO, 2013).

Segundo Belfiore e Fávero (2013), matematicamente a formulação de um modelo geral de programação linear é representada:

$$\text{Max ou min } z = C_1X_1 + C_2X_2 + C_3X_3 + \dots + C_nX_n$$

$$\text{Sujeito a } a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n \leq b_1$$

...

$$a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n \leq b_m$$

$$x_i \geq 0, \text{ para } i=1, 2, \dots, n$$

Onde:

z - função objetivo;

x_j - variáveis de decisão sejam elas principais ou controláveis, $j = 1, 2, \dots, n$;

a_{ij} - constante ou coeficiente da i -ésima restrição da j -ésima variável, ou seja, coeficientes das restrições do modelo, $i = 1, 2, \dots, m$, $j = 1, 2, \dots, n$;

b_i - quantidade de recursos disponíveis da i -ésima restrição, ou seja, quantidade do valor dependendo do modelo, $i = 1, 2, \dots, m$;

C_j - constante ou coeficiente da j -ésima variável da função objetivo, ou seja, coeficientes das alteráveis da função objetivo $j = 1, 2, \dots, n$.

2.1.3.1. Programação linear inteira

Programação Linear Inteira é um dos modelos de Programação linear onde algumas ou todas as variáveis devem ser valores inteiros (TAHA, 2008). Este tipo de programação é o problema da programação matemática pois tanto a função objetivo quanto as restrições são lineares,

entretanto, as variáveis de decisão são descritas por valores inteiros. A discordância entre essas duas programações é a inserção de uma restrição que defina a alternância de decisão (LACHTERMACHER, 2009).

3. Métodos e técnicas de pesquisa

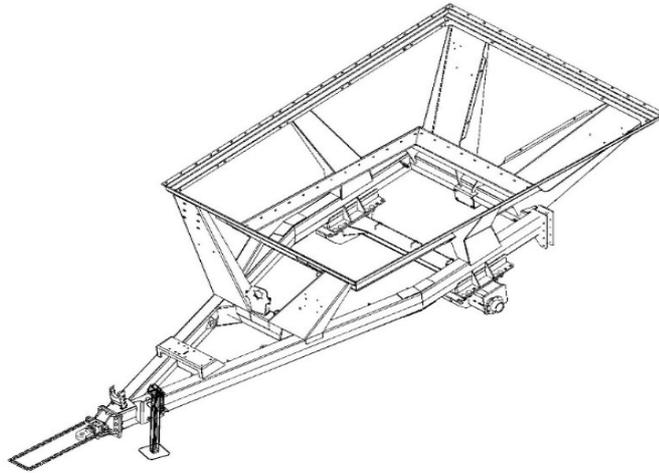
O principal método de abordagem utilizado no desenvolvimento da pesquisa foi o método quantitativo devido a presença de dados numéricos como medidas dos planos de corte, possíveis desperdícios e melhor aproveitamento das chapas, além da abordagem comparativa entre as possibilidades de corte, descritiva das formas de realização dos cortes. Métodos de Procedimentos pode-se destacar a pesquisa a campo na qual caracterizou-se na coleta de dados na empresa como peças existentes na demanda produtiva, utilizou-se de ferramentas como o *Software AutoCad* para a disposição das possibilidades de planos de corte, além do *Excel* para resolução dos cálculos de programação linear, desta forma, analisando os dados.

4. Análise e discussão dos resultados

4.1. Análise da chapa e suas peças

O presente estudo foi realizado em uma indústria do ramo metal mecânico, a qual produz implementos agrícolas. Entre as tantas chapas com as mais variadas especificações e espessuras, delimitou-se o estudo dos planos de corte da chapa de aço com espessura 6,35 laminada à quente (LNE380), com 1500mm de largura por 5800mm de comprimento. Esta mesma chapa pode ser cortada por dois processos: o corte plasma e o corte laser. Para este artigo foi delimitado os planos dos cortes das peças que passam pelo processo de corte plasma. Tais peças são utilizadas na produção do Conjunto Eixo Chassi Reboque 15/19000 demonstrado na figura 1 a seguir.

Figura 1- Conjunto Eixo Chassi Reboque 15/19000



Fonte: Banco de Dados da Empresa (2018)

Este chassi reboque (figura 1), é um dos principais produtos fabricados pela empresa, com média de saída mensal superior a 8 conjuntos por mês, tornando este implemento agrícola um dos carros chefes. Na unidade da empresa em que foi efetuado o estudo, é apenas produzido o chassi do reboque, as demais partes e finalização do mesmo são efetuados na matriz da mesma.

Pode-se observar na figura 2 que em julho de 2017 houve saída de 38 reboques e no ano de 2018, até agora, o mês que obteve maior número de saídas foi em abril, com venda de 14 chassis deste reboque. Após a escolha da chapa e do processo, obteve-se as peças demonstradas na tabela a seguir, como também suas respectivas demandas, comprimentos e largura.

Tabela 1- Especificações das Peças

Corte Plasma	Demanda	Comprimento (mm)	Largura (mm)
1090-1323-MO	4	1643,29	447,78
1090-1324-MO	2	1734,24	447,78
1090-1325-MO	2	1723,61	447,78
1090-1327-MO	2	1723,61	447,78
1090-1340-MO	2	3454,38	447,78
1090-1341-MO	2	3454,38	447,78
1090-1342-MO	2	3454,38	447,78
1090-1343-MO	2	3273,8	447,78

Fonte: Banco de Dados da Empresa (2018)

Na tabela 1 observa-se que as peças são representadas por códigos sendo eles os mesmos utilizados pela empresa. A demanda baseou-se em pedidos e prazos de entrega entre as datas 18/04/2018 e 08/05/2018, datas em que estas peças foram consumidas para produção de outros subconjuntos que compõe o reboque. Pode-se constatar também que algumas peças possuem as mesmas dimensões tanto de comprimento quanto de largura, desta forma, agruparam-se as mesmas em uma única peça somando suas respectivas demandas, como pode ser vista na tabela 2 a seguir.

Tabela 2 - Soma das Demandas

Corte Plasma	Demanda
1090-1323-MO	4
1090-1324-MO	2
1090-1325-MO/1090-1327-MO	4
1090-1340-MO/1090-1341-MO/1090-1342-MO	6
1090-1343-MO	2

Como demonstrado na tabela 2, as peças com as demandas somadas devido ao fato de possuírem as mesmas medidas foram as 1090-1325-MO/1090-1327-MO cuja demanda passou para 4 peças (2 peças de cada uma delas) e 1090-1340-MO/1090-1341-MO/1090-1342-MO cuja demanda somada ficou de 6 peças (2 peças de cada uma delas também). As peças 1090-1323-MO, 1090-1324-MO e 1090-1343-MO continuaram inalteradas por possuírem dimensões diferentes das demais.

4.2. Planos de corte

Após a escolha da chapa, do processo e das peças, elaborou-se os planos de corte das referidas peças na ferramenta *AutoCad*. Os planos de corte podem ser observados na tabela 3.

Tabela 3 - Planos de Corte

Plano de Corte	1090-1323-MO	1090-1324-MO	1090-1325-MO 1090-1327-MO	1090-1340-MO 1090-1341-MO 1090-1342-MO	1090-1343-MO	Desperdício (kg)
Plano 1	9	0	0	0	0	50,63
Plano 2	0	9	0	0	0	31,03
Plano 3	0	0	9	0	0	33,52
Plano 4	0	3	0	0	3	51,95
Plano 5	0	0	3	0	3	51,95
Plano 6	3	0	0	0	3	58,46
Plano 7	1	1	1	0	3	51,12
Plano 8	3	0	0	3	0	45,13
Plano 9	0	3	0	3	0	38,79
Plano 10	0	0	3	3	0	39,19
Plano 11	1	1	1	3	0	38,79
Plano 12	3	3	3	0	0	33,92
Plano 13	0	3	6	0	0	35,85
Plano 14	0	6	3	0	0	35,85
Plano 15	3	0	6	0	0	42,27
Plano 16	6	0	3	0	0	47,45
Plano 17	3	0	0	1	2	54,73
Plano 18	0	3	0	1	2	46,55
Plano 19	0	0	3	1	2	48,66
Plano 20	1	1	1	1	2	29,24
Plano 21	3	0	0	2	1	49,29
Plano 22	0	3	0	2	1	43,09
Plano 23	0	0	3	2	1	44,23
Plano 24	1	1	1	2	1	46,04
Plano 25	5	4	0	0	0	46,34
Plano 26	4	5	0	0	0	42,87
Plano 27	5	0	4	0	0	47,39
Plano 28	4	0	5	0	0	44,78
Plano 29	0	5	4	0	0	36,66
Plano 30	0	4	5	0	0	36,71
Plano 31	1	3	1	1	1	43,91
Plano 32	4	0	1	1	1	51,02

Plano 33	1	0	4	1	1	46,11
Plano 34	0	4	1	1	1	41,87
Plano 35	7	0	0	1	0	52,46
Plano 36	0	7	0	1	0	37,03
Plano 37	0	0	7	1	0	38,57
Plano 38	3	2	2	1	0	43,66
Plano 39	7	0	0	0	1	56,13
Plano 40	0	7	0	0	1	40,80
Plano 41	0	0	7	0	1	43,03
Plano 42	3	2	2	0	1	47,30

Na tabela 3 observa-se que foram elaborados 42 planos de corte com diferentes quantidades de peças e desperdícios, procurou-se elaborar todas as possibilidades de cortes para tornar o estudo mais completo. Cada um dos 42 planos de corte gerou diferentes desperdícios que são dados em kg, o cálculo para transformar o retalho em kg de chapas é dado na equação 1.

$$\text{Kg da Chapa} = (\text{Comprimento} \times \text{Largura} \times \text{Espessura} \times 7,85) / 1.000.000 \quad (1)$$

Como mostrado na equação 1, para o cálculo do desperdício em kg foi multiplicado o comprimento (mm), a largura (mm), a espessura (mm) e as 7,85 toneladas (são aproximadamente o peso de 1 m³ de aço). Dividiu-se este resultado por 1.000.000 para que o mesmo fosse dado em kg. Para exemplificar os planos de corte, segue a seguir o plano 21.

Figura 2- Plano de Corte 21



Na figura 3 pode-se ver o plano de corte 21, o qual possui 3 peças 1090-1323-MO, 1 peça 1090-1343-MO e 2 peças 1090-1340-MO/1090-1341-MO/1090-1342-MO. A parte destacada em vermelho significa a sobra da chapa que, utilizando a fórmula da equação 1, possui 49,286 kg de desperdício. Os demais planos de corte foram elaborados da mesma forma, sempre calculando o desperdício da chapa.

4.3. Formulação do modelo matemático

Para resolução da melhor forma de combinar as peças nos planos de corte de modo a minimizar o desperdício de chapas referentes a uma demanda específica, utilizou-se programação linear inteira. Elaboraram-se dois modelos matemáticos divididos em função objetivo, variáveis de decisão, restrições e resolução destes modelos.

4.3.1. Função objetivo

Nesta etapa do modelo matemático definiram-se as variáveis de decisão, sendo estas os planos de corte já citados na tabela 3, que visam minimizar os desperdícios das chapas em relação aos planos de corte, de acordo com a disposição das peças. Segue a equação.

$$\begin{aligned} \text{Minimizar } z = & 50,63 x_1 + 31,03 x_2 + 33,52 x_3 + 51,95 x_4 + 51,95 x_5 + 58,46 x_6 + 51,12 x_7 + \\ & 45,13 x_8 + 38,79 x_9 + 39,19 x_{10} + 38,79 x_{11} + 33,92 x_{12} + 35,85 x_{13} + 35,85 x_{14} + 42,27 x_{15} \\ & + 47,45 x_{16} + 54,73 x_{17} + 46,55 x_{18} + 48,66 x_{19} + 29,24 x_{20} + 49,29 x_{21} + 43,09 x_{22} + 44,23 x_{23} + \\ & 46,04 x_{24} + 46,34 x_{25} + 42,87 x_{26} + 47,39 x_{27} + 44,78 x_{28} + 36,66 x_{29} + 36,71 x_{30} + 43,91 \\ & x_{31} + 51,02 x_{32} + 46,11 x_{33} + 41,87 x_{34} + 52,46 x_{35} + 37,03 x_{36} + 38,57 x_{37} + 43,66 x_{38} + \\ & 56,13 x_{39} + 40,80 x_{40} + 43,03 x_{41} + 47,30 x_{42} \end{aligned} \quad (2)$$

Na equação 2 cada desperdício de plano de corte está representado pela letra x_i , ou seja, plano de corte 1 com seu respectivo desperdício é $50,63 x_1$ e assim sucessivamente, o que pode ser confirmado na tabela 3. A função objetivo é a mesma para os dois modelos matemáticos, pois os planos de corte são os mesmos, assim como seus desperdícios.

4.3.2. Restrições dos modelos matemáticos

As restrições do modelo matemático são a quantidade de cada peça possível de ser cortada em cada um dos planos de corte na referida chapa. A seguir constam as restrições do modelo matemático 1.

Restrição da peça 1090-1343-MO no modelo matemático 1:

$$\begin{aligned} 9 x_1 + 0 x_2 + 0 x_3 + 0 x_4 + 0 x_5 + 3 x_6 + 1 x_7 + 3 x_8 + 0 x_9 + 0 x_{10} + 1 x_{11} + 3 x_{12} + 0 x_{13} + 0 x_{14} + 3 x_{15} + 6 x_{16} + 3 x_{17} + 0 x_{18} + 0 x_{19} + 1 x_{20} + 3 x_{21} + 0 x_{22} + 0 x_{23} + 1 x_{24} + 5 x_{25} + 4 x_{26} + 5 x_{27} + 4 x_{28} + 0 x_{29} + 0 x_{30} + 1 x_{31} + 4 x_{32} + 1 x_{33} + 0 x_{34} + 7 x_{35} + 0 x_{36} + 0 x_{37} + 3 x_{38} + 7 x_{39} + 0 x_{40} + 0 x_{41} + 3 x_{42} \geq 4 \end{aligned} \quad (3)$$

Restrição da peça 1090-1324-MO no modelo matemático 1:

$$\begin{aligned} 0 x_1 + 9 x_2 + 0 x_3 + 3 x_4 + 0 x_5 + 0 x_6 + 1 x_7 + 0 x_8 + 3 x_9 + 0 x_{10} + 1 x_{11} + 3 x_{12} + 3 x_{13} + 6 x_{14} + 0 x_{15} + 0 x_{16} + 0 x_{17} + 3 x_{18} + 0 x_{19} + 1 x_{20} + 0 x_{21} + 3 x_{22} + 0 x_{23} + 1 x_{24} + 4 x_{25} + 5 x_{26} + 0 x_{27} + 0 x_{28} + 5 x_{29} + 4 x_{30} + 3 x_{31} + 0 x_{32} + 0 x_{33} + 4 x_{34} + 0 x_{35} + 7 x_{36} + 0 x_{37} + 2 x_{38} + 0 x_{39} + 7 x_{40} + 0 x_{41} + 2 x_{42} \geq 2 \end{aligned} \quad (4)$$

Restrição das peças 1090-1325-MO/1090-1327-MO no modelo matemático 1:

$$\begin{aligned} 0 x_1 + 0 x_2 + 9 x_3 + 0 x_4 + 3 x_5 + 0 x_6 + 1 x_7 + 0 x_8 + 0 x_9 + 3 x_{10} + 1 x_{11} + 3 x_{12} + 6 x_{13} + 3 x_{14} + 1 x_{15} + 3 x_{16} + 0 x_{17} + 0 x_{18} + 3 x_{19} + 1 x_{20} + 0 x_{21} + 0 x_{22} + 3 x_{23} + 1 x_{24} + 0 x_{25} + 0 x_{26} + 4 x_{27} + 5 x_{28} + 4 x_{29} + 5 x_{30} + 1 x_{31} + 1 x_{32} + 4 x_{33} + 1 x_{34} + 0 x_{35} + 0 x_{36} + 7 x_{37} + 2 x_{38} + 0 x_{39} + 0 x_{40} + 7 x_{41} + 2 x_{42} \geq 4 \end{aligned} \quad (5)$$

Restrição das peças 1090-1340-MO/1090-1341-MO/1090-1342-MO no modelo matemático 1:

$$\begin{aligned} 0 x_1 + 0 x_2 + 0 x_3 + 0 x_4 + 0 x_5 + 0 x_6 + 0 x_7 + 3 x_8 + 3 x_9 + \beta x_{10} + 3 x_{11} + 0 x_{12} + 0 x_{13} + 0 x_{14} + 0 x_{15} + 0 x_{16} + 1 x_{17} + 1 x_{18} + 1 x_{19} + 1 x_{20} + 2 x_{21} + 2 x_{22} + 2 x_{23} + 2 x_{24} + 0 x_{25} + 0 x_{26} + 0 x_{27} + 0 x_{28} + 0 x_{29} + 0 x_{30} + 1 x_{31} + 1 x_{32} + 1 x_{33} + 1 x_{34} + 1 x_{35} + 1 x_{36} + 1 x_{37} + 1 x_{38} + 0 x_{39} + 0 x_{40} + 0 x_{41} + 0 x_{42} \geq 6 \end{aligned} \quad (6)$$

Restrição da peça 1090-1343-MO no modelo matemático 1:

$$\begin{aligned}
 & 0 x_1 + 0 x_2 + 0 x_3 + 3 x_4 + 3 x_5 + 3 x_6 + 3 x_7 + 0 x_8 + 0 x_9 + 0 x_{10} + 0 x_{11} + 0 x_{12} + 0 x_{13} + 0 \\
 & x_{14} + 0 x_{15} + 0 x_{16} + 2 x_{17} + 2 x_{18} + 2 x_{19} + 2 x_{20} + 1 x_{21} + 1 x_{22} + 1 x_{23} + 1 x_{24} + 0 x_{25} + 0 x_{26} \\
 & + 0 x_{27} + 0 x_{28} + 0 x_{29} + 0 x_{30} + 1 x_{31} + 1 x_{32} + 1 x_{33} + 1 x_{34} + 0 x_{35} + 0 x_{36} + 0 x_{37} + 0 x_{38} + 1 x_{39} \\
 & + 1 x_{40} + 1 x_{41} + 1 x_{42} \geq 2
 \end{aligned} \tag{7}$$

Restrição da não negatividade no modelo matemático 1:

$$x_1 + x_2 + x_3 \dots \dots \dots x_{42} \geq 0 \text{ e inteiro} \tag{8}$$

Para resolver o modelo matemático 1 considerou-se as demandas já citadas anteriormente, sendo elas entre as datas de 18/04/2018 a 08/05/2018. Nas equações de 3 a 7 apresentam-se as restrições das peças utilizadas nos planos de corte, considerando a disponibilidade igual a demanda das mesmas. O resultado das restrições (quantidade de peças cortadas) deve ser maior ou igual a demanda. Na equação 8 considera-se que as variáveis devem ser maiores ou iguais a zero, sendo esta a restrição da não negatividade. Da mesma forma, as variáveis de decisão devem ser inteiras devido ao fato de ser impossível produzir produtos que não sejam inteiros.

Neste estudo foram elaborados dois modelos matemáticos com a mesma função objetivo porém com restrições diferentes. Segue abaixo as restrições do modelo matemático 2.

Restrição da peça 1090-1343-MO no modelo matemático 2:

$$\begin{aligned}
 & 9 x_1 + 0 x_2 + 0 x_3 + 0 x_4 + 0 x_5 + 3 x_6 + 1 x_7 + 3 x_8 + 0 x_9 + 0 x_{10} + 1 x_{11} + 3 x_{12} + 0 x_{13} + 0 \\
 & x_{14} + 3 x_{15} + 6 x_{16} + 3 x_{17} + 0 x_{18} + 0 x_{19} + 1 x_{20} + 3 x_{21} + 0 x_{22} + 0 x_{23} + 1 x_{24} + 5 x_{25} + 4 x_{26} \\
 & + 5 x_{27} + 4 x_{28} + 0 x_{29} + 0 x_{30} + 1 x_{31} + 4 x_{32} + 1 x_{33} + 0 x_{34} + 7 x_{35} + 0 x_{36} + 0 x_{37} + 3 x_{38} + 7 x_{39} \\
 & + 0 x_{40} + 0 x_{41} + 3 x_{42} \geq 4 \leq 5
 \end{aligned} \tag{9}$$

Restrição da peça 1090-1324-MO no modelo matemático 2:

$$\begin{aligned}
& 0 x_1 + 9 x_2 + 0 x_3 + 3 x_4 + 0 x_5 + 0 x_6 + 1 x_7 + 0 x_8 + 3 x_9 + 0 x_{10} + 1 x_{11} + 3 x_{12} + 3 x_{13} + 6 x_{14} \\
& + 0 x_{15} + 0 x_{16} + 0 x_{17} + 3 x_{18} + 0 x_{19} + 1 x_{20} + 0 x_{21} + 3 x_{22} + 0 x_{23} + 1 x_{24} + 4 x_{25} + 5 x_{26} \\
& + 0 x_{27} + 0 x_{28} + 5 x_{29} + 4 x_{30} + 3 x_{31} + 0 x_{32} + 0 x_{33} + 4 x_{34} + 0 x_{35} + 7 x_{36} + 0 x_{37} + 2 x_{38} + 0 x_{39} \\
& + 7 x_{40} + 0 x_{41} + 2 x_{42} \geq 2 \leq 3
\end{aligned} \tag{10}$$

Restrição das peças 1090-1325-MO/1090-1327-MO no modelo matemático 2:

$$\begin{aligned}
& 0 x_1 + 0 x_2 + 9 x_3 + 0 x_4 + 3 x_5 + 0 x_6 + 1 x_7 + 0 x_8 + 0 x_9 + 3 x_{10} + 1 x_{11} + 3 x_{12} + 6 x_{13} + 3 x_{14} \\
& + 1 x_{15} + 3 x_{16} + 0 x_{17} + 0 x_{18} + 3 x_{19} + 1 x_{20} + 0 x_{21} + 0 x_{22} + 3 x_{23} + 1 x_{24} + 0 x_{25} + 0 x_{26} \\
& + 4 x_{27} + 5 x_{28} + 4 x_{29} + 5 x_{30} + 1 x_{31} + 1 x_{32} + 4 x_{33} + 1 x_{34} + 0 x_{35} + 0 x_{36} + 7 x_{37} + 2 x_{38} + 0 x_{39} \\
& + 0 x_{40} + 7 x_{41} + 2 x_{42} \geq 4 \leq 5
\end{aligned} \tag{11}$$

Restrição das peças 1090-1340-MO/1090-1341-MO/1090-1342-MO no modelo matemático 2:

$$\begin{aligned}
& 0 x_1 + 0 x_2 + 0 x_3 + 0 x_4 + 0 x_5 + 0 x_6 + 0 x_7 + 3 x_8 + 3 x_9 + 3 x_{10} + 3 x_{11} + 0 x_{12} + 0 x_{13} + 0 x_{14} \\
& + 0 x_{15} + 0 x_{16} + 1 x_{17} + 1 x_{18} + 1 x_{19} + 1 x_{20} + 2 x_{21} + 2 x_{22} + 2 x_{23} + 2 x_{24} + 0 x_{25} + 0 x_{26} \\
& + 0 x_{27} + 0 x_{28} + 0 x_{29} + 0 x_{30} + 1 x_{31} + 1 x_{32} + 1 x_{33} + 1 x_{34} + 1 x_{35} + 1 x_{36} + 1 x_{37} + 1 x_{38} + 0 x_{39} \\
& + 0 x_{40} + 0 x_{41} + 0 x_{42} \geq 6 \leq 7
\end{aligned} \tag{12}$$

Restrição da peça 1090-1343-MO no modelo matemático 2:

$$\begin{aligned}
& 0 x_1 + 0 x_2 + 0 x_3 + 3 x_4 + 3 x_5 + 3 x_6 + 3 x_7 + 0 x_8 + 0 x_9 + 0 x_{10} + 0 x_{11} + 0 x_{12} + 0 x_{13} + 0 x_{14} \\
& + 0 x_{15} + 0 x_{16} + 2 x_{17} + 2 x_{18} + 2 x_{19} + 2 x_{20} + 1 x_{21} + 1 x_{22} + 1 x_{23} + 1 x_{24} + 0 x_{25} + 0 x_{26} \\
& + 0 x_{27} + 0 x_{28} + 0 x_{29} + 0 x_{30} + 1 x_{31} + 1 x_{32} + 1 x_{33} + 1 x_{34} + 0 x_{35} + 0 x_{36} + 0 x_{37} + 0 x_{38} + 1 x_{39} \\
& + 1 x_{40} + 1 x_{41} + 1 x_{42} \geq 2 \leq 3
\end{aligned} \tag{13}$$

Restrição da não negatividade no modelo matemático 1:

$$x_1 + x_2 + x_3 \dots \dots \dots x_{42} \geq 0 \text{ e inteiro} \tag{14}$$

Da mesma forma que no modelo matemático 1, para o modelo matemático 2 também considerou-se as demandas já citadas anteriormente. Nas equações de 9 a 13 apresentam-se as restrições das peças considerando a disponibilidade igual a demanda. O resultado das

restrições (quantidade de peças cortadas) deve ser maior ou igual a demanda e menor ou igual a demanda acrescida de uma peça, desta forma foi possível delimitar a quantidade de peças que poderiam ficar em estoque, neste caso, uma peça. É importante observar que a quantidade de peças em cada plano de corte não mudou do modelo matemático 1 para o modelo matemático 2. Na equação 14 apresenta-se a não negatividade, onde as variáveis devem ser maiores ou iguais a zero como também inteiras por não ser possível produzir meia peça, ou seja, produtos que não sejam inteiros.

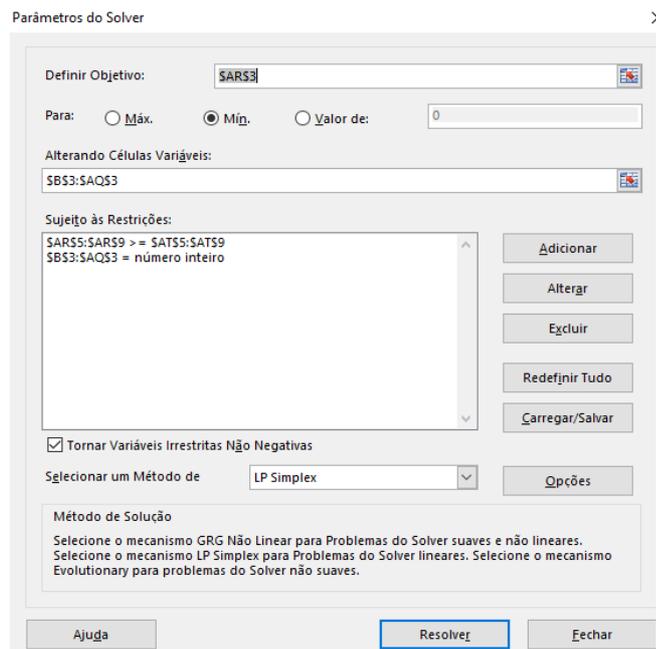
Utilizando estes dois modelos matemáticos foi possível fazer uma comparação entre os dois em relação a resolução dos mesmos. Elaboradas as restrições, inseriu-se os dados na ferramenta *Excel* para efetuar o cálculo de minimização dos desperdícios da chapa otimizando os planos de corte.

4.3.3. Soluções dos modelos matemáticos

4.3.3.1. Solução do modelo matemático 1

O cálculo da minimização de desperdícios foi organizado e estruturado na ferramenta Microsoft *Excel* utilizando a função Solver da mesma, os parâmetros desta função podem ser observados na figura 4.

Figura 3 - Parâmetros do Modelo 1



Pode-se observar na figura 4 que o objetivo da função é minimizar os desperdícios, as células variáveis são os possíveis planos de corte e as restrições são equações que, neste caso, são maiores ou iguais as demandas das peças, como também, o resultado das células variáveis devem ser números inteiros. E por fim, utilizou-se o método Simplex por ser um problema linear. Depois de resolver este modelo matemático, gerou-se o relatório de resposta.

Figura 4 - Relatório de Resposta Modelo 1

Célula do Objetivo (Mín.)				
Célula	Nome	Valor Original	Valor Final	
\$AR\$3	Células Variáveis Perda	126,49584	126,49584	
Células Variáveis				
Célula	Nome	Valor Original	Valor Final	Número Inteiro
\$B\$3	Células Variáveis Plano 1	0	0	Número Inteiro
\$C\$3	Células Variáveis Plano 2	0	0	Número Inteiro
\$D\$3	Células Variáveis Plano 3	0	0	Número Inteiro
\$E\$3	Células Variáveis Plano 4	0	0	Número Inteiro
\$F\$3	Células Variáveis Plano 5	0	0	Número Inteiro
\$G\$3	Células Variáveis Plano 6	0	0	Número Inteiro
\$H\$3	Células Variáveis Plano 7	0	0	Número Inteiro
\$I\$3	Células Variáveis Plano 8	0	0	Número Inteiro
\$J\$3	Células Variáveis Plano 9	0	0	Número Inteiro
\$K\$3	Células Variáveis Plano 10	0	0	Número Inteiro
\$L\$3	Células Variáveis Plano 11	1	1	Número Inteiro
\$M\$3	Células Variáveis Plano 12	0	0	Número Inteiro
\$N\$3	Células Variáveis Plano 13	0	0	Número Inteiro
\$O\$3	Células Variáveis Plano 14	0	0	Número Inteiro
\$P\$3	Células Variáveis Plano 15	0	0	Número Inteiro
\$Q\$3	Células Variáveis Plano 16	0	0	Número Inteiro
\$R\$3	Células Variáveis Plano 17	0	0	Número Inteiro
\$S\$3	Células Variáveis Plano 18	0	0	Número Inteiro
\$T\$3	Células Variáveis Plano 19	0	0	Número Inteiro
\$U\$3	Células Variáveis Plano 20	3	3	Número Inteiro
\$V\$3	Células Variáveis Plano 21	0	0	Número Inteiro
\$W\$3	Células Variáveis Plano 22	0	0	Número Inteiro
\$X\$3	Células Variáveis Plano 23	0	0	Número Inteiro
\$Y\$3	Células Variáveis Plano 24	0	0	Número Inteiro
\$Z\$3	Células Variáveis Plano 25	0	0	Número Inteiro
\$AA\$3	Células Variáveis Plano 26	0	0	Número Inteiro
\$AB\$3	Células Variáveis Plano 27	0	0	Número Inteiro
\$AC\$3	Células Variáveis Plano 28	0	0	Número Inteiro
\$AD\$3	Células Variáveis Plano 29	0	0	Número Inteiro
\$AE\$3	Células Variáveis Plano 30	0	0	Número Inteiro
\$AF\$3	Células Variáveis Plano 31	0	0	Número Inteiro
\$AG\$3	Células Variáveis Plano 32	0	0	Número Inteiro
\$AH\$3	Células Variáveis Plano 33	0	0	Número Inteiro
\$AI\$3	Células Variáveis Plano 34	0	0	Número Inteiro
\$AJ\$3	Células Variáveis Plano 35	0	0	Número Inteiro
\$AK\$3	Células Variáveis Plano 36	0	0	Número Inteiro
\$AL\$3	Células Variáveis Plano 37	0	0	Número Inteiro
\$AM\$3	Células Variáveis Plano 38	0	0	Número Inteiro
\$AN\$3	Células Variáveis Plano 39	0	0	Número Inteiro
\$AO\$3	Células Variáveis Plano 40	0	0	Número Inteiro
\$AP\$3	Células Variáveis Plano 41	0	0	Número Inteiro
\$AQ\$3	Células Variáveis Plano 42	0	0	Número Inteiro

Na figura 5 observa-se que o desperdício total do modelo matemático 1 foi de 126,49584 kg de chapa. Pode-se ver também a quantidade de cada plano de corte necessário para atender a

demanda: 1 corte do plano de corte 11 e 3 cortes do plano de corte 20. Porém, este resultado atende à demanda mas também sobram peças em estoque.

Tabela 4 - Cortes do Modelo 1

Peça	Demanda	Quantidade Cortada	Estoque
1090-1323-MO	4	4	0
1090-1324-MO	2	4	2
1090-1325-MO/1090-1327-MO	4	4	0
1090-1340-MO/1090-1341-MO/1090-1342-MO	6	6	0
1090-1343-MO	2	6	4

Como pode ser visto na tabela 4, com o modelo matemático obteve-se 2 peças 1090-1324-MO a mais e 4 peças 1090-1343-MO a mais também, o restante das peças atingiu a demanda não tendo sobras para estoque.

4.3.3.2. Solução do modelo matemático 2

Ao observar que o modelo 1 gerou várias peças em estoque (tabela 4) e, levando em consideração o tamanho das peças que sobraram (tabela 1), decidiu-se elaborar um segundo modelo. Para realização do cálculo do modelo matemático 2 utilizou-se das mesmas ferramentas e técnicas do modelo 1 (*Excel* e *Solver*).

Tabela 5 - Cortes do Modelo 2

Peça	Demanda	Quantidade Cortada	Estoque
1090-1323-MO	4	4	0
1090-1324-MO	2	3	1
1090-1325-MO/1090-1327-MO	4	4	0
1090-1340-MO/1090-1341-MO/1090-1342-MO	6	6	0
1090-1343-MO	2	2	0

O resultado deste modelo matemático atende à demanda e sobra apenas 1 peça 1090-1324-MO em estoque, o que pode ser observado na tabela 5 anterior.

4.4. Comparação dos dois modelos matemáticos

Os planos de corte foram todos elaborados com o *software AutoCad* onde procurou-se distribuir as peças na chapa buscando o maior número de possibilidades de combinações das peças possíveis. Foram desenvolvidos dois modelos matemáticos em virtude de o Solver não encontrar nenhuma solução caso o resultado das restrições tivesse que ser igual a demanda.

Como pode ser observado na figura 5, o desperdício total obtido pelo modelo matemático 1 foi 126,49584 kg e o desperdício total do modelo matemático 2 foi 132,3926396 kg (figura 7). Comparando apenas a quantidade do desperdício, o modelo 1 foi o melhor, porém, este modelo gerou uma considerável quantidade de peças em estoque, ao contrário do modelo 2, que gerou apenas 1 peça de sobra.

No modelo matemático 1 não delimitou-se a quantidade que poderia ficar em estoque, diferentemente do modelo matemático 2 onde restringiu-se o estoque a no máximo uma peça de cada. Observando-se as peças que sobraram em estoque do modelo 1 e do modelo 2, além da grande diferença de quantidades, constata-se o grande tamanho das mesmas. O modelo matemático 1 gerou estoque de 2 peças 1090-1324-MO com mais de 1 metro de comprimento e 4 peças 1090-1343-MO com mais de 3 metros de comprimento. Já o modelo 2 gerou estoque de apenas 1 peça 1090-1343-mo. E devido ao fato de a empresa possuir pouco espaço disponível para estocagem de peças grandes, o modelo matemático 1, neste parâmetro, torna-se inviável.

A diferença de desperdício total entre os dois modelos é de aproximadamente 5,89 kg, no caso desta chapa de 6,35 mm de espessura, é uma quantidade considerada pequena. Então, o modelo matemático 2 tornou-se a melhor opção dentro dos parâmetros considerados pois atende à demanda e gerou apenas 1 peça de estoque.

5. Considerações finais

A programação linear inteira em problemas de cortes de chapas é fundamental quando se quer diminuir os desperdícios em uma específica demanda, sempre levando em consideração a situação da empresa em que esta técnica será aplicada. Tanto em cortes de chapas como em qualquer outro processo dentro da indústria, sempre se busca o menor desperdício para evitar gastos desnecessários. Neste sentido, a programação linear inteira vem para garantir que este

objetivo seja atingido.

Após o desenvolvimento dos dois modelos matemáticos e com a resolução dos mesmos, pode-se obter o resultado e a resposta ao problema desta pesquisa. Conforme a situação atual da empresa, com pouco espaço para estocagem de peças grandes e com o resultado do desperdício total dos dois modelos matemáticos, concluiu-se que o modelo dois se encaixa melhor dentro destes parâmetros por gerar apenas 1 peça em estoque e atender a demanda. Considerando a espessura da chapa (6,35 mm), consideravelmente grossa, a pouca diferença entre os dois desperdícios totais, concomitante com as peças geradas para estoque, reafirma o modelo matemático 2 como o melhor, neste caso. Desta forma, o objetivo de minimizar os desperdícios através da programação linear inteira foi plenamente atingido.

Apesar dos grandes benefícios que podem ser obtidos através desta técnica, ela ainda é pouco utilizada pelas empresas, talvez por ser desconhecida pelas mesmas ou por não disporem de um profissional que possua tal conhecimento. Cabe aos estudantes desta técnica, como por exemplo, engenheiros de produção, difundirem a mesma dentro da indústria para que ela ajude cada vez mais a obter menos desperdícios e, conseqüentemente, reduza gastos desnecessários.

Como sugestão de trabalhos futuros, sugere-se a aplicação de tal método de programação linear, a fim de diminuir os desperdícios de demais produtos fabricados pela empresa, sendo assim, difundida a técnica de redução de custos durante os cortes plasma de chapas de aço.

REFERÊNCIAS

BELFIORE, PATRÍCIA; FÁVERO, LUIZ PAULO. Pesquisa Operacional Para Cursos de Engenharia. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.

CHIAVENATO, IDALBERTO. Introdução à teoria geral da administração: uma visão abrangente da moderna administração das organizações. 7^a. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2003.

COSTA, NIOMAR ALEXANDRE DA ELIMINAÇÃO DE DESPERDÍCIOS E AUMENTO DE PRODUTIVIDADE. Universidade Tecnológica Federal do PARaná. Ponta Grossa, p. 32. 2017. (1).

FOGLIATTO, FLAVIO Pesquisa Operacional. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2009. Disponível em: <http://www.producao.ufrgs.br/arquivos/disciplinas/382_po_apostila_completa_mais_livro.pdf>. Acesso em: 05 Abril 2018.

LACHTERMACHER, GERSON. Pesquisa Operacional na Tomada de Decisões. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.

LOESCH, CLÁUDIO; HEIN, NELSON Pesquisa Operacional Fundamentos e Modelos. 1. ed. São Paulo: Saraiva, v. II, 2009.

MARTINS, PETRÔNIO GARCIA.; LAUGENI, FERNANDO. PIETRO. Administração da Produção. 6ª. ed. São Paulo: Saraiva, v. I, 2002.

SANTOS, JULIANA CAROLINA. DE OLIVEIRA. Redução de desperdício no processo de corte de vidros via programação linear inteira: um estudo de caos em uma empresa do centro-oeste de Minas Gerais. Centro Universitário de Formaiga-UNIFOR. Formiga, p. 48. 2014. (1).

SLACK, NIGEL; CHAMBERS, STUART; JOHNSTON, ROBERT; BETTS, ALAN. Gerenciamento de Operações e de Processos. 2ª. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

TAHA, HANDY A. Pesquisa Operacional. 8ª. ed. São Paulo: Pearson, 2008.

Capítulo 6

APLICAÇÃO DO *LEAN* NA CONSTRUÇÃO CIVIL PARA IDENTIFICAÇÃO DE DESPERDÍCIOS

Thiago Pouza Mussolini
Juliana Helena Daroz Gaudêncio

APLICAÇÃO DO *LEAN* NA CONSTRUÇÃO CIVIL PARA IDENTIFICAÇÃO DE DESPERDÍCIOS

Thiago Pouza Mussolini
Juliana Helena Daroz Gaudêncio

Resumo

O *lean* pode ser definido como uma filosofia ou estratégia que depende de um conjunto de práticas para minimizar defeitos a fim de melhorar o desempenho de uma empresa e, com isso, é uma das iniciativas que muitas das grandes empresas em todo o mundo têm tentado adotar, a fim de se manterem competitivas no mercado cada vez mais global. Dentre essas empresas, o setor de construção civil iniciou a sua utilização nos anos 90 e, atualmente, possui uma vertente denominada *lean* na construção civil (*lean construction*). Para uma correta aplicação do *lean* na construção civil é de elevado interesse compreender quais são os principais desperdícios a serem eliminados e/ou reduzidos. Desta forma, este trabalho visa identificar e sugerir melhorias para eliminação e/ou redução dos 7 tipos de desperdícios adotados no pensamento *lean* que são: superprodução, espera, transporte, processamento, movimentação, retrabalho e estoque na linha de produção do tubo de concreto JP DN 400 de uma empresa do setor de construção civil. Para a identificação desses desperdícios, este trabalho será conduzido de acordo com a metodologia adotada por meio das seguintes etapas: estudo da teoria, definição do caso a ser estudado, condução da pesquisa de campo (coleta de informações, captação de imagens e acompanhamento de cada etapa do processo), realização do mapeamento através da técnica IDEF-SIM, validação do mapeamento (apresentação aos especialistas), análise (identificação dos 7 desperdícios e sugestão de melhorias) e, por fim, a conclusão. Como resultado deste trabalho, foi possível a identificação de cinco tipos de desperdícios dentre os 7 tipos abordados pela filosofia *lean* e sendo estes os desperdícios do tipo transporte, processamento, movimentação, retrabalho e estoque. Vale ressaltar que foi possível verificar que a utilização da técnica IDEF-SIM permitiu uma fácil visualização dos desperdícios do tipo movimentação e processamento.

Palavras-chave: *Lean*, construção civil, IDEF-SIM, desperdícios.

1. Introdução

Com os programas de melhorias contínuas as organizações buscam garantir a qualidade de seus produtos e processos para garantir que estas atinjam seus objetivos de produção com mínimo desperdício. Entretanto, ressalta-se que um produto ou processo possui mais de uma característica de qualidade e que se mais de uma for apontada como alvo, uma enorme dificuldade pode ser encontrada. Cabe aos gestores à definição de quais são as características de qualidade prioritárias em atendimento a um mercado consumidor específico.

No caso da construção civil, particularmente no Brasil, ela está em uma fase de crescimento, principalmente, em obras de saneamento básico. Dentro deste contexto, surge a proposta para o presente trabalho com o objetivo de identificar e sugerir melhorias para a eliminação ou redução dos 7 tipos de desperdícios em uma linha de produção de uma empresa do setor de construção civil, através da técnica IDEF-SIM.

Devido ao rápido crescimento por este tipo de produto, as empresas do setor veem buscando identificar possíveis melhorias com o propósito de aumentar o volume produzido, reduzindo os custos e minimizando os desperdícios (LEAL e CAMPOS, 2017). Como objeto de estudo será utilizada a linha de produção do tubo de concreto JP DN 400 por apresentar um grande volume de produção diário em uma empresa do setor de construção civil localizada na grande São Paulo conforme ilustrado na Figura 1.

Figura 1 – (a) Máquina Radial da linha de produção e (b) Tubos de concreto JP DN 400 acabados



(a)



(b)

Com isso, este trabalho focará na busca pelos 7 tipos de desperdícios abordados na filosofia *Lean*. Sendo eles: Superprodução; Espera; Transporte; Processamento; Movimentação;

Retrabalho; e Estoque.

A busca por esses 7 tipos de desperdícios será auxiliada com a técnica de mapeamento IDEF-SIM que até o momento foi utilizada apenas para a orientação de projetos de simulação de acordo com Leal *et al.* (2010). O mapeamento fornecerá uma visão de todo o processo desde a entrada da matéria prima até a concepção do produto final e, com isso, possíveis desperdícios poderão ser detectados durante o mapeamento das etapas do processo.

Este trabalho não tem como propósito comparar a técnica de mapeamento IDEF-SIM com a ferramenta Mapeamento do Fluxo de Valor, do inglês *Value Stream Mapping* (VSM), a qual é amplamente utilizada na identificação do fluxo de materiais, informações e de atividades que agregam ou não valores nos processos produtivos voltados para a filosofia *lean*, mas, sim, verificar a viabilidade da utilização da técnica IDEF-SIM na identificação dos desperdícios.

2. Revisão bibliográfica

2.1. Filosofia enxuta (*Lean Manufacturing*)

A filosofia enxuta é definida como uma filosofia ou estratégia que depende de um conjunto de práticas para minimizar defeitos a fim de melhorar o desempenho da empresa conforme descrito em Womack, Jones e Roos (2004). Segundo Hosseini Nasab *et al.* (2012), a filosofia enxuta, com origem no Sistema Toyota de Produção é uma das iniciativas que muitas das grandes empresas em todo o mundo têm tentado adotar, a fim de se manterem competitivas no mercado cada vez mais global. Womack, Jones e Roos (2004) usaram o termo "filosofia enxuta" para contrastar o sistema Toyota com a "produção em massa" ocidental em seu livro "A máquina que mudou o mundo" conceituando essa forma de gerenciar a produção da seguinte maneira:

- Sistema produtivo integrado, com enfoque no fluxo de produção, produção em pequenos lotes baseando-se no *just-in-time* (JIT) e estoques reduzidos;
- Propicia ações preventivas de defeitos ao invés de ações corretivas;
- Atua com enfoque na produção puxada ao invés da produção empurrada baseadas em previsões de demanda;
- É flexível, sendo organizada por meio de equipes de trabalho formadas por mão-de-obra que possuem várias funções ou utilidades diferentes;

- Solução das causas de problemas objetivando a maximização do valor agregado ao produto final;
- Relacionamento de parceria intensiva desde o primeiro fornecedor até o cliente final.

Resumindo, de acordo com Hosseini Nasab *et al.* (2012), o foco desta abordagem multidimensional é a redução de custos por meio da eliminação de atividades que não agregam valor, e usando ferramentas como JIT, manufatura celular, manutenção produtiva total, nivelamento da produção, redução de *setup* e outros para omitir o desperdício e, assim, a implementação das práticas *lean* de produção geram melhores resultados operacionais, tais como um inventário reduzido.

No entanto, embora a implantação dos conceitos *lean* tenha como objetivo o aumento da competitividade das empresas, isto pode não ocorrer imediatamente, pois fatores como o tipo da empresa ou o tipo do produto podem influenciar os resultados (LEWIS, 2000).

2.2. *Lean* na construção civil

O *Lean* na Construção Civil, do inglês *Lean Construction*, foi derivado do *Lean Manufacturing* e concebido no início dos anos 90, tendo como marco principal a publicação do trabalho “*Application of the new production philosophy in the construction industry*” por Koskela (1992). De acordo com Koskela (1992), os problemas da construção civil são bem conhecidos. A produtividade da construção civil possui defasagens quando comparadas às indústrias de fabricação, por exemplo, a segurança no trabalho é notoriamente pior do que em outras indústrias e devido às condições de trabalho ser inferior, há escassez de funcionários. Koskela (2000) definiu que para uma correta aplicação do *Lean* na Construção Civil é de elevado interesse compreender quais são os principais desperdícios a serem eliminados na construção. Com isso, os 7 desperdícios identificados por Ohno (1988) e adotados no pensamento *Lean* serão detalhados a seguir.

1. Superprodução: produção excessiva devido à utilização de demasiados recursos;
2. Espera: falta de prontidão nos recursos originando tempo de espera;
3. Transporte: etapas desnecessárias no processo;
4. Processamento: excesso de recursos na realização de uma tarefa que não agrega valor;
5. Movimentação: deslocamento de materiais, equipamentos e pessoas;

6. Retrabalho: defeitos na produção e, assim, originando a correção dos mesmos;
7. Estoque: elaboração de excesso de inventários de materiais.

Hirota e Formoso (2000) advertem que a aplicação dos conceitos da filosofia enxuta na construção civil deve resultar de um processo de transferência e não de réplica, entendendo transferência como um termo genérico que expressa tanto um estudo de práticas bem sucedidas quanto à aprendizagem por meio da ação durante a implementação dessas práticas.

2.3. Modelagem IDEF-SIM

A técnica IDEF-SIM (*Integrated Definition Methods – Simulation*) possui como foco projetos de simulações, porém é compatível para outros fins, como projetos de melhoria em geral conforme detalhado em Leal *et al.* (2009). A Tabela 1 apresenta os elementos e a simbologia utilizada na técnica IDEF-SIM que foi publicada, pela primeira vez, no trabalho de Leal (2008), porém somente em casos hipotéticos de simulação. A técnica IDEF-SIM também foi utilizada em alguns trabalhos como Montevechi *et al.* (2010), Rangel e Cunha (2010) e em Rangel e Nunes (2011).

Tabela 1 – Simbologia da técnica IDEF-SIM

Elementos	Simbologia		
Entidade			
Funções			
Fluxo da entidade			
Recursos			
Controles			
Regras para fluxos paralelos e/ou alternativos	&		Regra E
	X		Regra OU
	O		Regra E/OU
Movimentação			
Informação explicativa			
Fluxo de entrada no sistema modelado			
Ponto final do sistema			
Conexão com outra figura			

Fonte: Adaptado de Leal *et al.* (2009)

3. Metodologia de pesquisa

Este capítulo apresenta o modo como esse trabalho foi conduzido de acordo com as etapas descritas no fluxograma representado pela Figura 2.

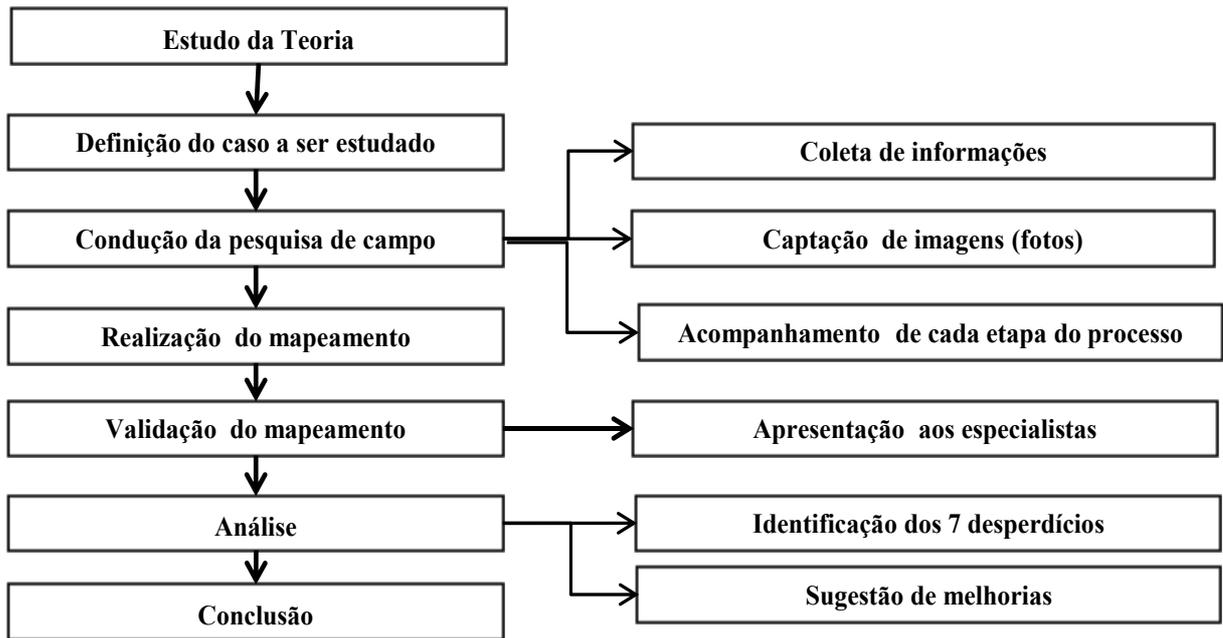
A primeira etapa realizada foi o estudo da teoria que acarretou na pesquisa demonstrada na seção 2 o qual aborda as definições da filosofia *lean* e, em específico, o *lean* na construção civil, os seus 7 tipos de desperdícios e, por fim, a definição do mapeamento realizado pela técnica IDEF-SIM. Em decorrência desse estudo, objetivos foram traçados e definiu-se que o caso a ser estudado seria a linha de produção do tubo de concreto JP DN 400 de uma fábrica do ramo de construção civil. Após a escolha, iniciou-se a condução da pesquisa de campo através de visitas à empresa. Fotos foram retiradas e o acompanhamento de cada uma das etapas da fabricação foi realizado em tempo real para possibilitar o entendimento do processo. Informações mais detalhadas como, por exemplo, as proporções de matérias-primas utilizadas, número de produção diária, números de operadores e seus respectivos papéis dentro do processo foram obtidos através de reuniões com a gerência.

De posse de todas as informações necessárias, deu-se início a construção do mapeamento do processo através da técnica IDEF-SIM. Após a sua conclusão, o mapeamento foi validado por meio da sua apresentação ao especialista do processo o qual o comparou e verificou que este representa fielmente a situação real e, assim, validando o mapeamento.

Em sequência, a análise do processo é iniciada com a identificação dos 7 tipos de desperdícios abordados na filosofia *lean*. Foi possível analisar todas as etapas desde as entradas de matérias-primas até a saída do produto final e, assim, propiciando a oportunidade de se encontrar desperdícios recorrentes na linha de produção. Caso desperdícios sejam encontrados, propõem-se sugestões de melhorias no processo de fabricação.

Por fim, a última etapa na condução desse trabalho é concluir se o mapeamento do processo de fabricação do tubo de concreto JP DN 400 realizado através da técnica IDEF-SIM foi capaz de auxiliar na análise dos 7 tipos de desperdícios.

Figura 2 – Fluxograma da metodologia de pesquisa



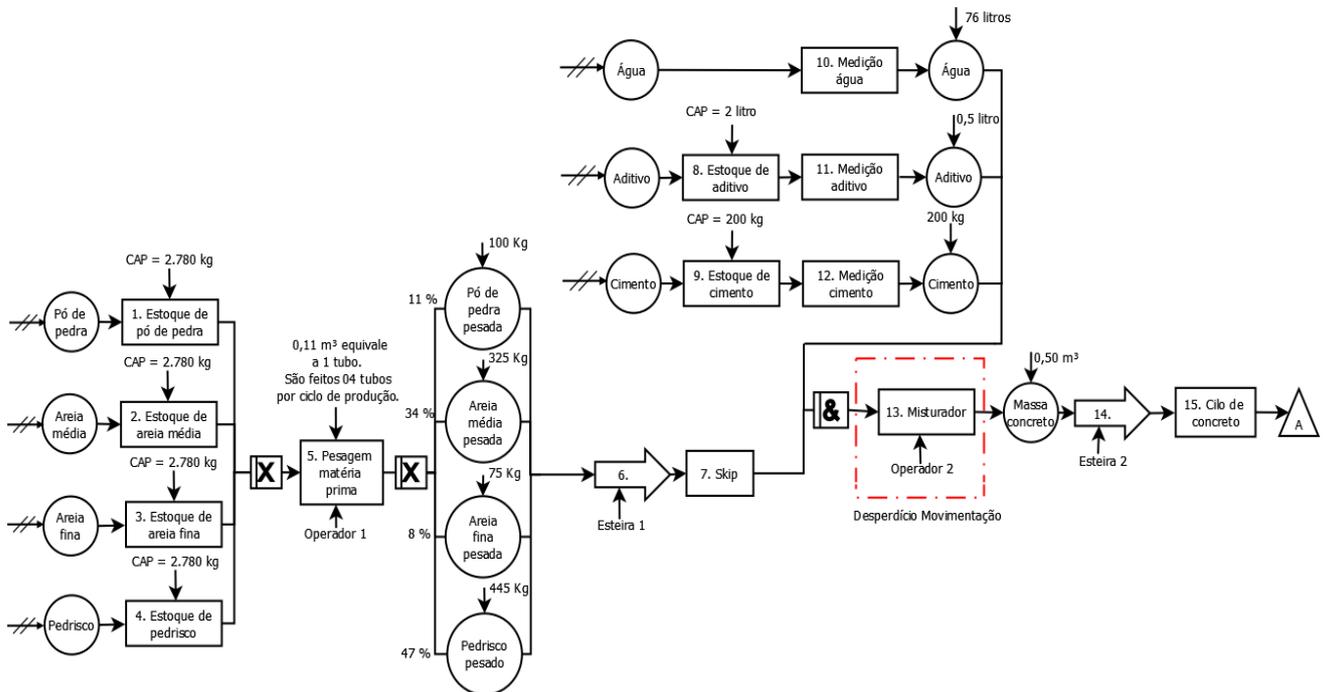
4. Aplicação

Com o intuito de atingir o objetivo deste trabalho, este capítulo aborda o desenvolvimento das atividades que irão identificar e propor as melhorias para a eliminação ou redução dos 7 tipos de desperdícios em uma linha de produção de uma empresa do setor de construção civil líder do segmento de pré-moldados, especificamente, da produção de tubos de concreto JP.

4.1. Mapeamento

O processo em análise necessita de nove itens de matéria-prima, sendo sete para a preparação da massa de concreto e dois para a estrutura de aço que formam o produto final. Nesta seção as etapas do processo de fabricação são detalhadas conforme as Figuras 3, 4 e 7 geradas a partir do *software* DIA[®]. A primeira etapa do processo, representada pela Figure 3, ilustra a preparação da massa de concreto para um ciclo de fabricação.

Figura 3 – Mapeamento da etapa de preparação de massa de concreto



As matérias-primas pó de pedra, areia média, areia fina e pedrisco são estocadas em seus respectivos locais de acordo com a capacidade máxima que é de 2.780 kg. Estas são pesadas individualmente em um processo automático após o comando do operador 1. Esta pesagem é realizada para um ciclo de produção que corresponde a 4 tubos de concreto.

Após cada operação de pesagem, as matérias-primas são transportadas pela esteira 1 (a) para o local 7 (*skip*) (b) que assemelha-se a um elevador e transporta as quatro matérias-primas juntas para o local 8 (misturador). Também são acrescentadas no local 8 as demais matérias-primas como água, aditivo e cimento que são dimensionadas automaticamente vindas dos locais 10, 11 e 12. Após a junção de todas as matérias-primas no local 13 (misturador), o operador 2 é responsável por liberar a execução do processo de mistura que atua por aproximadamente 5 minutos e, assim, como resultado, tem-se a massa de concreto que é transportada através da esteira 2 para o local 15 (cilo de concreto).

A segunda etapa do processo, representada pela Figura 4, ilustra a fabricação da armação de aço que juntamente com a massa de concreto representada no mapeamento da Figura 3 irão compor o tubo de concreto. Essa etapa é representada para a fabricação de uma armação que caracteriza a demanda de um tubo de concreto. Para a realização dessa etapa, são necessários quatro operadores (3, 4, 5 e 6) os quais estão aptos a realizarem quaisquer umas das funções

dos locais 16, 17, 18, 19 e 20. Como primeira matéria-prima, o rolo de chapa de aço é transportado para o local 16 (marcação) onde é desenrolado no chão da fábrica para que o processo de marcação seja realizado. Em sequência, dois operadores trabalham na etapa de corte no local 17 em que um realiza o corte com uma esmerilhadeira e o outro agrupa as chapas já cortadas em um carrinho de transporte que será encaminhado para o próximo local conforme a Figura 5.

Figura 4 – Mapeamento da etapa de fabricação da armação de aço

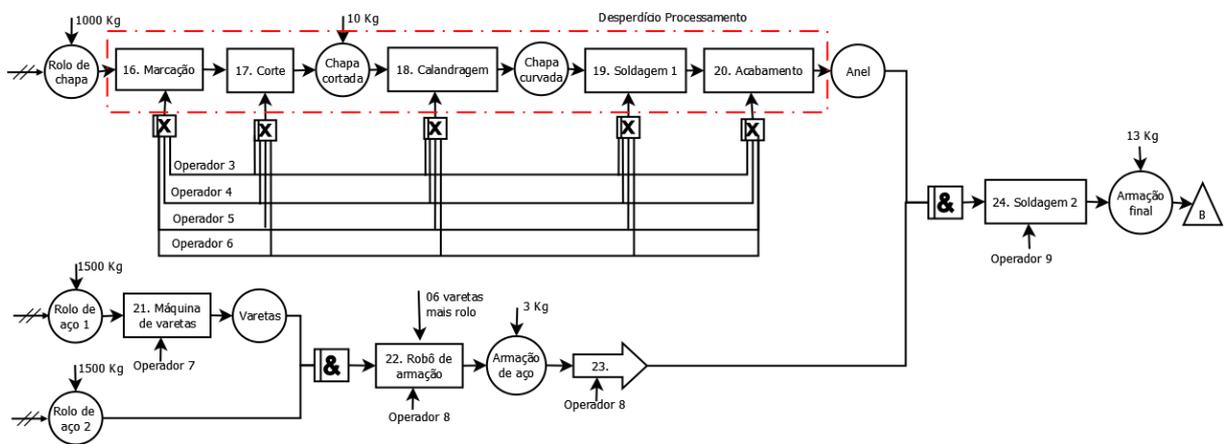


Figura 5 – Processo de marcação (a) e processo de corte (b) do rolo de chapa de aço



No local 18, a etapa de calandragem é realizada por um operador com o auxílio de máquina (Figura 6) que transforma a chapa em uma chapa de aço curvada. Após, a chapa curvada é transportada para o local 19 aonde outro operador realiza a solda nas pontas das chapas e, finalmente, a chapa soldada é transportada para o local 20 onde o processo de acabamento é realizado e, assim, obtendo-se o anel.

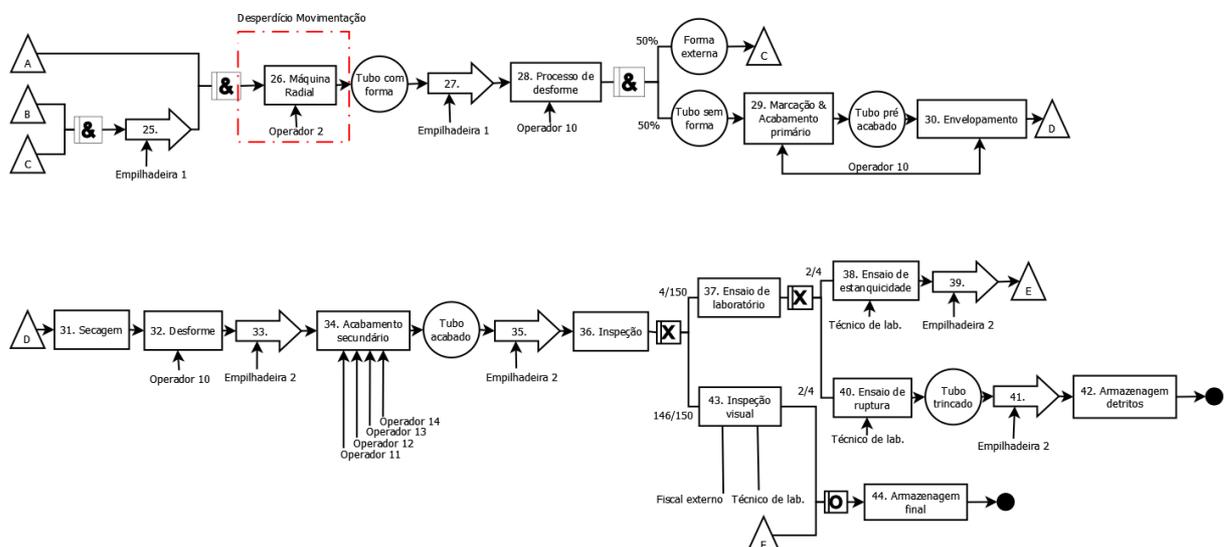
Figura 6 – Máquina Calandra (a) e as chapas de aço curvadas (b) originadas do processo de calandragem



Em paralelo a fabricação do anel, a armação de aço é fabricada com dois rolos de aço como matérias-primas. Do primeiro rolo de aço utiliza-se uma porcentagem para a fabricação de seis varetas por uma máquina com o auxílio do operador 7, no local 21. Já do segundo rolo de aço utiliza-se outra proporção que juntamente com as varetas constituem o processo de formação da estrutura da armação de aço, realizado por um robô semiautomático, com o auxílio do operador 8, no local 22. Após a conclusão da armação, esse operador realiza o transporte da mesma para o local 24 onde a etapa de soldagem da estrutura da armação com o anel é realizada pelo operador 9 e, assim, obtendo-se a armação final.

A terceira e a quarta etapas do processo, representadas pela Figura 7, demonstram o processo final da produção do tubo e, em sequência, o seu processo de inspeção e ensaios.

Figura 7 – Mapeamento do processo final de fabricação do tubo de concreto e inspeção



Com os processos de preparação da massa de concreto (A) e da fabricação da armação (B) finalizados, inicia-se o processo de enchimento da forma externa. Para esta etapa são necessários: (1) a massa de concreto que está armazenada no local 15 (cilo de concreto), (2) a armação final obtida pela segunda etapa e (3) a forma externa do tubo. A armação de aço é encaixada na forma externa através da empilhadeira 1 que transporta o conjunto para o local 26 (Máquina Radial) aonde inicia-se o processo de enchimento com o auxílio do operador 2. O processo de enchimento da máquina Radial leva em torno de 4 minutos e, após, o tubo com forma é transportado pela empilhadeira 1 para o local 28 em que a forma externa é retirada do tubo de concreto com o auxílio do operador 10. Como saídas desse processo têm-se a forma externa que é reaproveitada para o próximo tubo e o tubo de concreto sem acabamento que é transportado para o local 29 onde o operador 10 realiza as funções de marcação seguindo a norma brasileira ABNT NBR 15319. Assim, originando o tubo pré-acabado que é levado ao local 30 onde, ainda o operador 10, realiza o envelopamento para que o mesmo fique na etapa de secagem no local 31.

Após a secagem, o operador 10 retira a capa plástica, no local 32 (desforme), utilizada para o processo de secagem. Em sequência, a empilhadeira 2 transporta o tubo para o local 34 onde acontecerá a etapa do acabamento secundário e, sendo que, neste processo, quatro operadores trabalham em diversas funções.

Com o término do acabamento secundário, inicia-se a quarta etapa em que se realizam inspeções e ensaios no tubo para verificar a sua qualidade de acordo com as exigências da norma brasileira ABNT NBR 15319. A empilhadeira 2 transporta o tubo acabado para o local 36 onde será realizado o processo de inspeção no qual o mesmo poderá ser encaminhado ou para o ensaio de laboratório ou para a inspeção visual.

Dos tubos que seguem para o local 37 (ensaio de laboratório), uma proporção é encaminhada para o ensaio de estanqueidade aonde são totalmente cheios com água e suas pontas são fechadas com o objetivo de verificar a existência de vazamentos e, após o ensaio, os tubos são enviados para a armazenagem final. Os outros tubos são encaminhados para o ensaio de ruptura, no local 40, onde é testado a sua resistência e, em consequência desse ensaio, os tubos sofrem fissuras que não podem ser corrigidas e, desta forma, são desprezados em sua totalidade com o auxílio da empilhadeira 2 que os transporta para o local 42.

Por fim, os tubos que seguem para o local 43 (inspeção visual) são vistoriados pelo técnico de qualidade da empresa juntamente com um fiscal externo que, normalmente, são aprovados em

sua totalidade. Após essa vistoria, os tubos são encaminhados para a armazenagem final no local 44.

4.2. Identificação dos desperdícios

Dentre os 7 tipos de desperdícios que este trabalho busca identificar na fabricação dos tubos de concreto, foram identificados 5 tipos os quais serão apresentados a seguir.

O primeiro desperdício encontrado foi o do tipo transporte. Devido a um layout mal dimensionado e uma armazenagem incorreta de matérias-primas utilizadas para a produção do tubo. As empilhadeiras não possuem uma padronização da movimentação e, assim, gerando um deslocamento desnecessário dentro da fábrica.

O segundo desperdício encontrado foi o do tipo processamento. Esse tipo de desperdício é claramente identificado na etapa de fabricação dos anéis de aço conforme demonstrado pelo contorno tracejado no mapeamento da Figura 5 aonde existem muitas operações para a fabricação de uma única peça (o anel) e, assim, gerando um alto custo de fabricação.

O terceiro desperdício encontrado foi o do tipo movimentação. Esse desperdício é visualmente identificado através do mapeamento apresentado pelo contorno tracejado nas Figuras 3 e 7 no qual o operador 2 tem que se deslocar entre os locais 13 (misturador) e 26 (máquina radial) para iniciar ambos os processos. As centrais de comando dessas duas máquinas estão localizadas em locais diferentes e distantes entre si. Essa movimentação é realizada, aproximadamente, 35 vezes ao dia para a produção do tubo de concreto JP DN 400.

O quarto desperdício encontrado foi o do tipo retrabalho. O acabamento secundário do tubo de concreto realizado no local 34, da Figura 7, é considerado pela empresa como sendo um acabamento final do tubo já pronto. Porém, alguns trabalhos realizados pelos operadores como a identificação de furos no tubo e seus respectivos preenchimentos e, posteriormente, o lixamento dessas correções pode ser considerado como um retrabalho do processo de fabricação uma vez que os tubos podem ser produzidos sem a presença desses furos.

O quinto e último desperdício encontrado foi o do tipo estoque. A linha de produção da armação de aço final representada pelo mapeamento da Figura 4 é realizada com, pelo menos, um dia útil de antecedência devido aos altos tempos de *setup* de cada operação já que essas etapas são, em sua quase totalidade, manuais. Desta forma, o gerente tomou a decisão de que a produção de armação de aço seja realizada com este período de antecedência para evitar o atraso, mas, em consequência, essa decisão acarretou em um estoque intermediário.

Por fim, os desperdícios do tipo superprodução e espera, neste trabalho, não foram identificados. O desperdício do tipo superprodução não foi identificado, pois a empresa segue o modo de produção puxada e o desperdício do tipo espera não foi identificado já que os fluxos de trabalho estão sincronizados e, assim, não existindo a presença de tempos ociosos para os operadores.

4.3. Propostas de melhorias

Com a identificação dos desperdícios, sugestões de melhorias na linha de produção do tubo de concreto JP DN 400 são propostas com o intuito de eliminar e/ou reduzir os cinco desperdícios identificados e abordados na filosofia *lean*.

A primeira sugestão é em decorrência do desperdício do tipo transporte em que um *layout* mal dimensionado acarreta em um excesso de movimentação das empilhadeiras. A sugestão é a implantação da metodologia 5S também abordada na filosofia *lean* que tem como objetivo organização e disciplina no local de trabalho. Desta forma, com a implantação da metodologia 5S, o *layout* do estoque de materiais seria mais bem dimensionado, liberando espaço físico na fábrica e, assim, melhorando o fluxo de movimentação das empilhadeiras.

A segunda sugestão de melhoria é em decorrência do desperdício do tipo processamento que existe na etapa de fabricação dos anéis de aço. A sugestão é a realização de um estudo de viabilidade econômica para que se possa mensurar a viabilidade ou não de se manter essa produção internamente na fábrica, já que é um trabalho que exige um grande número de funcionários em relação aos outros processos e, assim, gerando um alto custo de fabricação para uma única peça que é o anel de aço.

A terceira sugestão de melhoria é em decorrência do desperdício do tipo movimentação. A sugestão de melhoria é a centralização dos painéis de comando que o operador aciona tanto para iniciar o funcionamento da máquina Radial quanto para iniciar o funcionamento do misturador. O ideal é que o painel de comando que aciona o misturador fosse acoplado ao painel de comando que aciona a máquina Radial.

A quarta sugestão de melhoria é em decorrência do desperdício do tipo retrabalho que ocorre na identificação e preenchimento de furos no tubo de concreto já pronto. A sugestão é a aplicação da metodologia Seis Sigma que é um conjunto de práticas que visam melhorar sistematicamente os processos ao eliminar os seus defeitos e, assim, a ideia geral da abordagem é fazer um controle sistemático da produção para que o produto seja fabricado

sem os furos uma vez que esse número pode variar.

Por fim, a quinta sugestão de melhoria é em decorrência do desperdício do tipo estoque que ocorre na linha de produção da armação de aço final. A sugestão de melhoria seria a realização de um estudo através da cronoanálise para identificar o tempo ideal de antecedência para a fabricação da armação de aço. Também, é sugerida a implantação da metodologia de Manutenção Produtiva Total, do inglês *Total Productive Maintenance* (TPM) que auxiliará na realização de um programa de agendamento de manutenções preventivas com o intuito de diminuir a possibilidade de quebra ou parada do robô de armação.

5. Conclusão

Neste trabalho foi proposto um estudo da utilização da técnica de mapeamento IDEF-SIM para a identificação dos 7 tipos de desperdícios abordados na filosofia *lean*. O mapeamento foi realizado em um trabalho conjunto com a gerência da fábrica e, assim, foi possível a identificação de cinco tipos de desperdícios dentre os 7 tipos abordados pela filosofia *lean*. Os cinco desperdícios encontrados foram: transporte, processamento, movimentação, retrabalho e estoque. Os desperdícios do tipo superprodução e espera não foram identificados.

De posse dos cinco tipos de desperdícios identificados na linha de produção, sugestões de melhorias foram propostas. As soluções apresentadas foram baseadas em técnicas apropriadas dentro dos diversos conceitos da melhoria da qualidade e, ao menos, uma sugestão para cada tipo de desperdício foi sugerida para a empresa.

Por fim, a utilização da técnica de mapeamento IDEF-SIM como ferramenta de auxílio na identificação dos desperdícios foi investigada. Como resultado foi possível verificar que o uso da técnica para a identificação dos desperdícios do tipo movimentação e processamento é aplicável devido a fácil visualização. Já para os outros três tipos de desperdícios encontrados, não foi possível uma nítida visualização por meio do mapeamento os quais foram identificados pela observação direta no processo. Assim, conclui-se que, neste trabalho, a técnica de mapeamento IDEF-SIM foi útil na identificação de dois desperdícios. Entretanto, esse resultado não descarta o uso da técnica em outros processos produtivos.

REFERÊNCIAS

HIROTA, E. H.; FORMOSO, C. T. O processo de aprendizagem na transferência dos

conceitos e princípios da produção enxuta para a construção. Anais do 8o ENTAC. p.572–579. Salvador, BA, 2000.

HOSSEINI NASAB, H.; ALIHEIDARI BIOKI, T.; KHADEMI ZARE, H. Finding a probabilistic approach to analyze lean manufacturing. *Journal of Cleaner Production*, v. 29–30, p. 73–81, 2012.

KOSKELA, L. Application of the new production philosophy to construction. Technical Report no72, 1992.

KOSKELA, L. An exploration towards a production theory and its application to construction. Helsinki University of Technology, Finland, 2000.

LEAL, F. Análise do efeito interativo de falhas em processos de manufatura através de projeto de experimentos simulados. Universidade Estadual Paulista, 2008.

LEAL, F.; MOURA, M. L.; ALVES, D.; MONTEVECHI, A. B. Desenvolvimento e aplicação conceitual de processos em projetos de simulação : o IDEF-SIM. XXIX Encontro Nacional De Engenharia De Produção - ENEGEP. p.14. Salvador, BA, Brasil, 2009.

LEAL, D. A.; CAMPOS, V. R. Análise da relação entre os princípios de movimentação e armazenamento e os princípios lean. XXIV Simpósio de Engenharia de Produção - SIMPEP. Bauru, SP, Brasil, 2017.

LEWIS, M. A. Lean production and sustainable competitive advantage. *International Journal of Operations & Production Management*, v. 20, n. 8, p. 959–978, 2000.

MONTEVECHI, J. A. B.; LEAL, F.; PINHO, A. F. DE; COSTA, R. F. DA S.; OLIVEIRA, M. L. M. DE. Conceptual modeling in simulation projects by mean adapted IDEF: an application in a brazilian tech company. *Proceedings of the 2010 Winter Simulation Conference*. p.1624–1635. Baltimore, MD: IEEE, 2010.

OHNO, T. Toyota production system. Tokyo, Japan: Diamond, Inc., 1988.

RANGEL, J. J. DE A.; CUNHA, A. P. A simulation model to evaluate sugarcane supply systems. In: IEEE (Ed.); Proceedings of the 2010 Winter Simulation Conference. p.2114–2125. Baltimore, MD, 2010.

RANGEL, J. J. DE A.; NUNES, A. F. Use of IDEF-SIM to document simulation models. Proceedings of the 2011 Winter Simulation Conference. p.1542–1553. Phoenix, AZ: IEEE, 2011.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. A mentalidade enxuta nas empresas: elimine o desperdício e crie riqueza. 6a ed. Rio de Janeiro, Editora Campus, 2004.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROOS, D. A máquina que mudou o mundo. 5a ed. Rio de Janeiro, Editora Campus, 2004.

Capítulo 7

APROVEITAMENTO DA ÁGUA CONDENSADA DOS APARELHOS DE AR CONDICIONADO DO LABORATÓRIO DE MATERIAIS DA UNIVERSIDADE CEUMA, SÃO LUÍS – MA

Ailton Celio Alves de Araújo Junior
Alicia Silva Carvalho
Ruan Rodrigues da Silva
Danielle Alves Costa da Silva
Fernanda Gomes Dias
Daniel Rocha Pereira
Osman José de Aguiar Gerude Neto

**APROVEITAMENTO DA ÁGUA CONDENSADA DOS APARELHOS
DE AR CONDICIONADO DO LABORATÓRIO DE MATERIAIS
DA UNIVERSIDADE CEUMA, SÃO LUÍS – MA**

Ailton Celio Alves de Araújo Junior

Alicia Silva Carvalho

Ruan Rodrigues da Silva

Danielle Alves Costa da Silva

Fernanda Gomes Dias

Daniel Rocha Pereira

Osman José de Aguiar Gerude Neto

Resumo

A água é um recurso natural fundamental para a manutenção da vida no planeta, pois possui profunda importância no desenvolvimento de diversas atividades biológicas, econômicas e sociais. No entanto, por maior que seja a importância dos recursos hídricos, as pessoas continuam poluindo os rios e suas nascentes, esquecendo de sua importância para manter o equilíbrio ecológico do planeta. Devido a esta problemática torna-se necessário desenvolver alternativas sustentáveis, que sejam economicamente viáveis para preservar esse bem. Os aparelhos de ar condicionado são utilizados em larga escala em todo mundo e geram um grande volume de água, proveniente do processo de condensação. Sendo assim, foi realizado um estudo no Laboratório de Materiais da Universidade CEUMA, com o objetivo de quantificar o volume de água diário, semanal e mensal, provenientes dos condicionadores de ar instalados no local; e estabelecer um comparativo no que diz respeito às diferentes posições das palhetas (para cima, para baixo e oscilando). Com o auxílio de provetas e de um cronômetro, foram feitas medições para que fosse possível calcular a volume médio da vazão da água de cada aparelho. Deste modo, através dos cálculos resultantes das medições, foi perceptível que os aparelhos com a palheta oscilando obtém, significativamente, o maior volume de água, totalizando uma vazão mensal de 5.705,39L/mês em comparação as outras duas posições. Além disso foram realizadas análises qualitativas no que diz respeito aos diferentes parâmetros da qualidade da água, levando em consideração que este recurso pode ser utilizado de várias formas para fins não potáveis.

Palavras-chave: condicionador de ar; equilíbrio ecológico; recursos hídricos.

1. Introdução

A água é um recurso natural essencial para o equilíbrio ecológico do planeta, tendo em vista que praticamente todas as formas de vida conhecidas dependem deste recurso. Por isso, o modo de uso racional e sustentável da água, deve ser pautado em práticas de reaproveitamento deste recurso, que é fundamental para a humanidade.

A escassez de corpos hídricos no mundo vem sendo constantemente agravada, seja pelo crescimento populacional aliado a alta procura deste recurso ou pela poluição, desperdício ou sua má distribuição, levando em consideração que nosso planeta possui uma pequena quantidade de água potável. De acordo com dados da ONU sobre a água, em 2012, um bilhão de pessoas, no mundo, não tinham água potável para consumo e a tendência é esta estatística crescer, podendo chegar a 3 bilhões, em 2025.

O uso racional e sustentável da água, assim como a preservação de sua qualidade e práticas de reaproveitamento são fundamentais para humanidade. As empresas e pessoas físicas estão cada vez mais preocupadas com as questões ambientais, procurando formas de preservar os recursos naturais.

Os aparelhos de ar condicionado são utilizados em larga escala em todo mundo e geram um grande volume de água através do gotejamento contínuo, onde esta água, proveniente da condensação destes aparelhos, podem ser reaproveitadas para os mais diversos usos. Diante desta perspectiva é necessário desenvolver alternativas sustentáveis, que sejam economicamente viáveis para preservar este bem.

Dentro deste contexto, se encaixa a Universidade CEUMA, empresa com 4 campi na cidade de São Luís – MA, com uma média de 200 aparelhos por campus, caracterizando um grande potencial de reaproveitamento de água condensada para os mais devidos fins. Sendo assim o objetivo deste trabalho é mensurar o potencial de água gerada por 6 aparelhos de ar condicionados instalados no Laboratório de Materiais da Universidade CEUMA, que servirá de projeto piloto para os demais setores da instituição, serão verificadas a média de volume produzido e a qualidade da água, para posterior destinação e reaproveitamento deste recurso dentro da instituição.

2. Referencial teórico

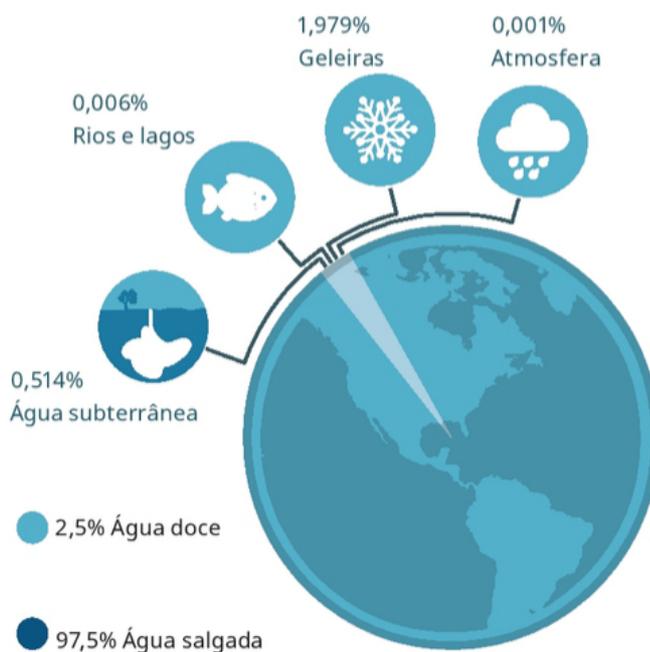
2.1. Recursos hídricos

Desde os primórdios da vida no planeta Terra e da história da espécie humana, a água sempre foi essencial. Qualquer forma de vida depende da água para sua sobrevivência e para seu desenvolvimento. A água é o que nutre colheitas e florestas, mantém a biodiversidade e os ciclos do planeta e produz paisagens de grande e variada beleza. (TUNDISI; TUNDISI, 2014, p. 23)

A terra é constituída por uma grande extensão de água, por isso é conhecida como *planeta água*. Calcula-se que a quantidade de água no planeta seja de 1,386 milhões de km³, sendo que 97,5% do volume total forma os oceanos e os mares, dos quais apenas 2,5% são de água doce (REBOUÇAS; BRAGA; TUNDISI, 1999)

Segundo Faria (2013, pg. 26) a distribuição da água no planeta ocorre conforme ilustrado na figura 1 abaixo:

Figura 1 – Distribuição da água no planeta



Fonte: adaptado de Faria (2013)

Segundo Soares (2015, p. 118) o Brasil possui a maior reserva hidrológica do planeta, mas existem muitas dificuldades em relação ao uso dessa água, pois uma parte considerável dela está poluída. O ritmo acelerado do crescimento populacional, as formas de ocupação humana, a devastação ambiental e a poluição produzem graves desequilíbrios no ambiente, provocam a morte de muitos animais e da vegetação e comprometem seriamente o abastecimento de água às populações. Devido a essa problemática a autora ainda ressalta o quando é imprescindível que se note a importância de cuidar e utilizar de forma consciente e sustentável os recursos hídricos.

De acordo com Reis; Fadigas; Carvalho (2012, pg. 110) é necessário que a água esteja disponível não apenas em quantidade, mas em qualidade para consumo humano e das plantas. Os condicionantes específicos de qualidade da água são definidos pelos padrões de potabilidade que, no Brasil, são estabelecidos pelo Ministério da Saúde. Grandes centros urbanos, em todo mundo, já sofrem não apenas com a escassez quantitativa como também com a qualitativa da água para consumo.

2.2. Qualidade da água

Entende-se por poluição da água a alteração de suas características por quaisquer ações ou interferências, sejam elas naturais ou provocadas pelo homem. O conceito de poluição da água tem-se tornado cada vez mais amplo em função de maiores exigências com relação à conservação e ao uso racional dos recursos hídricos. (REBOUÇAS et al., 2002).

Segundo o Ministério da Saúde (2006) As características físicas, químicas e biológicas da água estão associadas a uma série de processos que ocorrem no corpo hídrico e em sua bacia de drenagem. Ao se abordar a questão da qualidade da água, é fundamental ter em mente que o meio líquido apresenta duas características marcantes, que condicionam de maneira absoluta a conformação desta qualidade: capacidade de dissolução e a capacidade de transporte.

Para que uma água apresente boa qualidade, é necessário observar e se atentar para suas características, com isso, dependendo de seu propósito de uso ela poderá ser considerada como própria ou imprópria para tal finalidade desejada (Hardenbergh, 1964). O principal objetivo de um tratamento de água é fazer a remoção de contaminantes existentes, sendo que este pode ser realizado para atender diversos aspectos, um dos mais citados são análises microbiológicas que visam a redução ou eliminação de organismos patogênicos (bactérias, protozoários, vírus); as análises físico-químicas em que há a correção da cor, sabor e odor,

sendo físico (decantação e filtração) e químico (desinfecção e coagulação), e os econômicos que estão relacionados redução de corrosividade (que danifica as tubulação), turbidez, ferro e manganês.

A Portaria do Ministério Da Saúde 518 (2004) apresenta o padrão de potabilidade para o consumo humano:

Quadro 1 – Padrão microbiológico de potabilidade da água para consumo humano.

FINALIDADE	PARÂMETRO	VMP (valor máximo permitido)
Água para consumo humano	Escherichia coli (CTT)	Ausência em 100ml
Água na saída do tratamento	Coliformes totais	Ausência em 100ml
Água tratada no sistema de distribuição (reservatórios e rede)	Escherichia coli	Ausência em 100ml
	Coliformes totais	Sistemas que analisam 40 ou mais amostras por mês: Ausência em 100ml em 95% das amostras examinadas no mês; Sistemas que analisam menos de 40 amostras por mês: Apenas uma amostra poderá apresentar mensalmente Resultado positivo em 100ml

Fonte: adaptado de Portaria Ministério da Saúde 518 (2004)

No entanto é perceptível que a qualidade da água está intrinsecamente ligada a utilidade que será dada à mesma e aos requisitos que, de forma generalizada e conceitual, interligam a desejada qualidade com os padrões de qualidade embasados em suporte legal (VENDRAME, 2006). É importante ressaltar que é de suma importância profissionais com conhecimentos específicos para solucionar os problemas pertinentes a essas questões e que compreendam a problemática com um todo (Philippi JR et al., 2014).

2.3. Reutilização da água

Em razão da limitação dos recursos hídricos o homem primitivo não fixava morada e mudava-se constantemente numa permanente busca de locais com suposta abundância de água. Essas mobilizações tornaram-se cada vez mais difíceis em razão do crescimento das populações surgindo a necessidade de as comunidades disciplinarem e racionalizarem o uso da água. (FILHO; MANCUSO,2003)

Existem relatos de sua prática na Grécia Antiga, com a disposição de esgotos e sua utilização na irrigação. No entanto, a demanda crescente por água tem feito do reuso planejado da água um tema atual e de grande importância (CETESB, 2010 apud CUNHA, 2011).

De acordo com Cunha (2011, p. 1234) fazer reuso de água trata-se da implantação de uma pequena estação de tratamento de água de uso 'nobre' (banho e pias) para reutilização em fins 'menos nobres', como descargas, lavagens de piso e outros.

O reaproveitamento ou reuso da água aponta a necessidade de se fazer um sistema de captação da água, onde a mesma será direcionada através da calha para o reservatório. Essa reutilização pode ser forma direta ou indireta, decorrente de ações planejadas ou não (LORENO, 2011).

3. Metodologia

Para o estudo de caráter exploratório, bem como de análise quantitativa e qualitativa, foi feito um levantamento do número de aparelhos de ar condicionado instalados Laboratório de Materiais da Universidade CEUMA, assim como suas respectivas marcas e potências. Deste modo o presente estudo é classificado como exploratório, onde serão calculados o volume de água diário, semanal e mensal provenientes dos aparelhos de ar condicionado, e foram realizadas análises no que diz respeito a qualidade de água para o direcionamento de seus diversos fins, pois a partir das análises qualitativas é possível classificar o grau de potabilidade da água.

3.1. Análise quantitativa

Para o cálculo da vazão média total de água proveniente do gotejamento contínuo dos condicionadores de ar, as aferições foram realizadas em três turnos (manhã, tarde e noite), e

em seis horários distintos (8:30am; 11:00am; 14:00pm; 17:00pm; 19:00pm e 21:00pm), onde foram feitas medições dos volumes de 6 (seis) aparelhos, através do dreno, enquanto funcionavam a 17 °C. O quadro 02 a seguir mostra as marcas dos aparelhos do laboratório, suas respectivas quantidades e potências de refrigeração.

Quadro 2 – Relação das marcas, potências e quantidade dos aparelhos de ar condicionado

APARELHO	MARCA (Tipos)	POTÊNCIA (BTUs)
Ar1	Springer CARRIER	48.000
Ar2	Springer CARRIER	48.000
Ar3	Springer CARRIER	48.000
Ar4	Springer CARRIER	48.000
Ar5	Springer CARRIER	22.000
Ar6	MIDEA	9.000

Fonte: Autores (2018)

Para a coleta da água condensada foram utilizadas provetas de 250 ml (figura 02) sendo o tempo de coleta cronometrado de um minuto para cada medição. Foram realizadas 3 coletas seguidas por aparelho (figura 01), de acordo com as diferentes posições da palheta (para cima, baixo e oscilando), e assim tirou-se a média aritmética de geração para cada horário coletado, que consiste na soma da média das posições de palhetas dividido pelo número de medições.

Figura 1 - Coleta da água.



Fonte: Autores (2018)

Figura 2 - Provetas de 250ml



Fonte: Autores (2018)

O período de funcionamento de laboratório de materiais da UniCEUMA, é de 14h por dia e cinco dias por semana. Desta forma, o cálculo para a média das vazões diária; semanal e mensal, foi estimado da seguinte forma:

- Vazão diária: Soma das vazões totais dos seis horários x n° de horas/dia
- Vazão semanal: Soma das vazões totais dos seis horários x n° de dias/semana
- Vazão mensal: Soma das vazões totais dos seis horários x n° de dias/mês

3.2. Análise qualitativa

No primeiro momento foram coletadas amostras de água, com ajuda de frascos para reagente com tampa rosqueada de 100 ml, esterilizados e sem contato direto com os drenos, para que não houvesse contaminação. Em seguida foram colocadas em recipientes devidamente fechados, disponibilizados pelo Laboratório de Ciências do Ambiente - LACAM da Universidade CEUMA e mantidas em uma incubadora a 35°C por 48h, rotulados com identificação dos pontos e datas da coleta. Em seguida foram realizados testes que indicassem a presença ou ausência de *CF* (coliformes fecais) e *CT* (coliformes totais), pelo método substrato definido, utilizando reagente *COLItest*, onde a amostra apresentava uma coloração amarelada forte ou marrom na presença de coliformes e azul na ausência de coliformes, exibidas nas figuras 3 e 4 abaixo:

Figura 3 - Frascos com reagente *COLItest*.



Fonte: Autores (2018)

Figura 4 - Resultado das análises de coliformes.



Fonte: Autores (2018)

No segundo momento, foram coletadas amostras, com o auxílio de garrafas pet secas de água mineral de 500 ml, totalmente cheias, devidamente fechadas, mantidas em temperatura ambiente e enviadas para a análise. Logo depois, com o auxílio de béqueres de 50 ml, foram

feitas as análises para encontrar valores dos principais parâmetros da água: Potencial de Hidrogeniônico (pH) das amostras para encontrar os valores da concentração de íons H⁺ presente; condutividade elétrica (CE), para representar em valores, a facilidade ou dificuldade da passagem de eletricidade na água; salinidade (S) para medir a quantidade de sais dissolvidos; sólidos totais dissolvidos (TDS) e turbidez (T) que consiste na presença de partículas em suspensão na água em comparação à intensidade da luz espalhada.

Quadro 3 – Relação do aparelho de auxílio para encontrar valores dos parâmetros analisados

Parâmetros analisados	Aparelho Utilizado
PH (potencial hidrogeniônico)	Multiparâmetro digital Horiba U-10
Condutividade elétrica (CE)	
Salinidade (S)	
TDS (sólidos totais dissolvidos)	
Turbidez (T)	

Fonte: Autores (2018)

As variáveis como temperatura, pH, turbidez, salinidade, sólidos totais dissolvidos e condutividade elétrica. Foram analisadas seguindo a metodologia descrita no APHA, 2005, com o auxílio de um multiparâmetro digital Horiba U-10.

4. Resultados e discussões

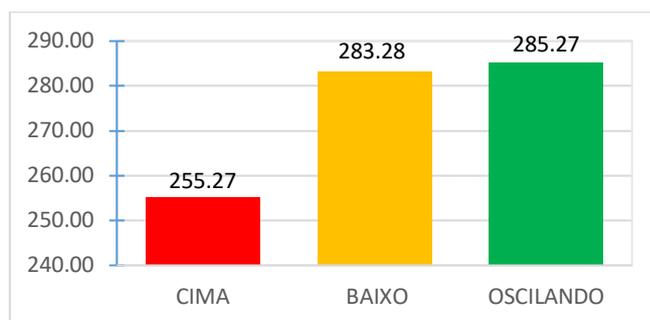
De acordo com a análise quantitativa dos dados dos aparelhos de acondicionado instalados no Laboratório de Materiais, obteve-se a vazão de água diária de 255, 27 L/dia com palheta para cima; 283, 28L/dia com palheta para baixo e 285, 27L/dia com a palheta oscilando, tendo em vista que os aparelhos instalados no laboratório funcionam 14 horas por dia.

Referente ao volume de água produzido semanalmente, considerando que os condicionadores de ar funcionam 5 dias durante a semana, foi obtido a vazão semanal da água em litros de 1.276, 33 L/semana com a palheta para cima, 1.416, 42L/semana com palheta para baixo e 1.426, 35L/semana com a palheta oscilando.

Como o laboratório funciona 20 dias no mês, a vazão de água mensal em litros apresentou os valores de 5.105, 32 L/mês com palheta para cima, com palheta para baixo 5.665, 69L/mês com palheta para baixo e 5.705, 39L/mês com a palheta oscilando

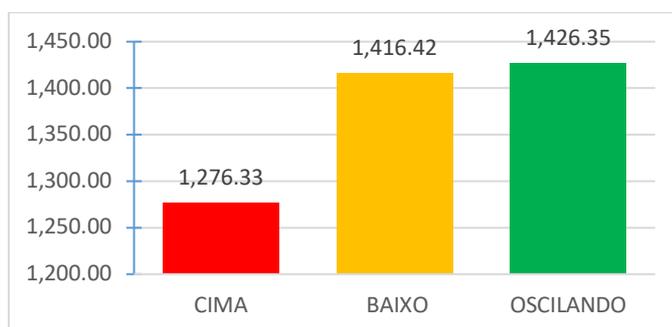
Os gráficos 1, 2 e 3 a seguir ilustram as medias diária, semanal e mensal por litros de água nas diferentes posições das palhetas (cima, baixo e oscilando) dos aparelhos.

Gráfico 1 – Vazão Diária de água condensada dos seis aparelhos de Ar condicionados do laboratório de matérias da UniCEUMA.



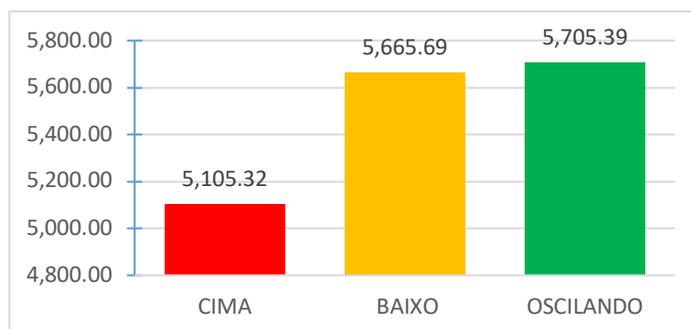
Fonte: Autores (2018)

Gráfico 2 – Vazão semanal de água condensada dos seis aparelhos de Ar condicionados do laboratório de matérias da UniCEUMA



Fonte: Autores (2018)

Gráfico 3 – Vazão mensal de água condensada dos seis aparelhos de Ar condicionados do laboratório de matérias da UniCEUMA



Fonte: Autores (2018)

Além de análises quantitativas foram feitas também as análises qualitativas onde foi possível fazer a medição do Potencial de Hidrogeniônico (pH) das amostras de água dos 6 aparelhos de ar condicionado, para a obtenção dos valores da concentração de íons de hidrogênio. Cada uma das 6 amostras obteve seu percentual hidrogeniônico diferenciado, com valores de 6,8; 7,6; 7,3; 7,4; 7,1; e 7,1 respectivamente. Foi medido com o aparelho PH de bolso e de acordo com parâmetros, os valores de 7 a 10 são os ideais para a saúde humana. Portanto, os aparelhos que apresentam esse valor são os condicionadores de ar 02,03,04,05 e 06. O valor de 6,8 do ar condicionado 01 está abaixo da média, representando assim uma água não alcalinizada e sem poder de hidratação.

Outra análise realizada foi para verificar a condutividade elétrica (CE) da água, com a ajuda do aparelho de condutividade de bancada, assim foi possível saber o quanto essa água representa de facilidade ou dificuldade para a passagem de eletricidade. Os compostos orgânicos e inorgânicos contribuem ou interferem na condutividade. Sendo assim um importante indicador de qualidade das amostras em análises. A unidade que representa a CE é o miliSiemens por cm^2 ou micro Siemens por cm^2 ($\mu\text{S}/\text{cm}^2$). Quando se fala em água destilada a condutividade é praticamente zero $\mu\text{S}/\text{cm}^2$, indicando que água é um isolante elétrico. Dessa maneira as análises dos 6 aparelhos de ar condicionado não representam uma água sem condutividade, pois seus valores equivalem a 50,5; 25,1; 35,3; 35,8; 56,7 e 89,1 de modo respectivo, sendo que a água ideal para o consumo deve possuir uma condutividade elétrica de 50 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Em seguida foi feita a análise para a verificação dos Sólidos Totais Dissolvidos (TDS) das amostras de água. A partir do ensaio foi possível detectar quaisquer compostos neutros (sem carga). Como por exemplo açúcar, álcool, produtos orgânicos e diversas formas de sílica, amônia e dióxido de carbono. Vale ressaltar que feita essa pesquisa não se detectam “ferrugem”, bactérias ou vírus, pois esses componentes não são partículas que se movem em um campo elétrico. Portanto os resultados obtidos são, respectivamente, 25,2 PPM; 12,6PPM; 17,7PPM; 17,9PPM; 28,4; E 45,1PPM, levando em consideração que o valor ideal para o consumo da água é de 10 a 20PPM.

A salinidade (S) é medida para a obtenção dos valores de sais dissolvidos na água. A medição das amostras foi feita através do aparelho de condutividade de mesa, onde os resultados colhidos foram de 0,03PPT; 0,01PPT; 0,02PPT; 0,02PPT; 0,03PPT; 0,05PPT, respectivamente. A unidade utilizada é o PPT (partes por trilhão). As águas das amostras representam uma água com o teor de salinidade baixo, sendo classificada como água doce por

possui salinidade inferior ou igual a 0,05PPT.

A turbidez (T) também foi umas das análises realizadas para que fosse possível medir como um feixe de luz que atravessa uma certa quantidade de água, e assim conferir se a aparência será turva ou não. A medição foi feita com o turbidômetro, nele é comparado o espalhamento de um feixe de luz ao passar pela amostra e com o de um de igual intensidade quando passa por uma suspensão padrão, assim quanto maior o espalhamento, maior será a turbidez. Os resultados das respectivas amostras foram de 52UNT; 2,16UNT; 1,86UNT; 0,09UNT; 0,46UNT e 0,46UNT. Esses valores são expressos normalmente pela Unidade Nefelométrica de Turbidez – UNT, assim o valor ideal para o consumo é de -0,5 a 5,0UNT.

As análises realizadas para detectar a presença de coliformes fecais (CF) e totais (CT) ocorreram da seguinte forma: o ensaio destina-se a indicar se há contaminação fecal ou outros agentes patogênicos que podem estar presentes na água. Essa contaminação pode afetar de forma negativa a saúde humana. Para a obtenção dos resultados, o experimento foi feito a partir da mistura de um reagente chamando de colitest com a água das amostras, observando como seria o comportamento da mesma de acordo com a variação da cor, exibindo uma borda vermelha na superfície, sendo esse um dos indicadores que permitiram afirmar se existia contaminação. As amostras dos aparelhos 01, 02, 03,04 e 06 apresentaram ausência de coliformes fecais e somente a amostra do aparelho 05 apresentou presença de contaminação fecal. Já a presença de coliformes totais, foram detectadas nas amostras dos aparelhos 01,02,03,05 e 06 e somente a amostra do aparelho 04 não estava contaminado.

Quadro 4 - Resultados da análise da água dos condicionadores de ar.

Parâmetros	Aparelho 1	Aparelho 2	Aparelho 3	Aparelho 4	Aparelho 5	Aparelho 6
PH	6,8	7,6	7,3	7,4	7,1	7,1
CE	50,5	25,1	35,3	35,8	56,7	89,1
TDS	25,2	12,6	17,7	17,5	28,4	45,1
S	0,03	0,01	0,02	0,02	0,03	0,05
T	52	2,16	1,86	0,09	0,46	1,23
CF	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência	Presença	Presença
CT	Presença	Presença	Presença	Ausência	Presença	Presença

Fonte: Autores (2018)

A análise da temperatura é um indicador importante de qualidade e para destinação da água, pois dependendo da temperatura que se encontra as espécies que a utilizarão se proliferará ou se extinguirá. As amostras dos aparelhos condicionadores de ar apresentaram valores entre 15 a 20°C sendo considerada uma temperatura média, onde plantas, besouros d'água e algumas doenças sobrevivem. O quadro 04 a seguir ilustra os dados obtidos através da análise dos parâmetros da água.

5. Conclusão

Os aparelhos de ar condicionado do Laboratório de Materiais da Universidade CEUMA, de acordo com as análises quantitativas e qualitativas, geram um volume significativo de água e apresenta valores baixos de contaminação. A qual, pode ser reaproveitada de várias formas para fins não potáveis como: descargas de banheiros, regas de jardins, limpeza de dependências da universidade e etc.

REFERÊNCIAS

CUNHA, ANANDA HELENA NUNES et al. O reuso de água no Brasil: a importância da reutilização de água no país. ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer-Goiânia, v. 7, n. 13, 2011.

FARIA, ANA MARIA JARA BOTTON. Gerenciamento de Recursos Hídricos. 2018.

FILHO, DARCY BRAGA; MANCUSO, Pedro Caetano Sanches. Reuso da água. 2. Ed. São Paulo, 2012.

HARDENBERGH, 1964; Leme, 1984. Disponível em:

<<https://pt.scribd.com/document/18951878/Purificacao-de-agua-para-o-consumo-humano>>.

Acesso em: 11 maio de 2018.

MANCUSO, PEDRO CAETANO SANCHES; DOS SANTOS, HILTON FELÍCIO. Reuso de água. Editora Manole Ltda, 2003.

PHILIPPI JR, ARLINDO; ROMERO, MARCELO DE ANDRADE; BRUNA, GILDA COLLET. Curso de gestão ambiental. In: Curso de gestão ambiental. 2014.

REBOUÇAS, ALDO DA CUNHA; BRAGA, BENEDITO P. FERREIRA; TUNDISI, José Galizia. Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação. Escrituras, 2002.

REIS, LINEU BELICO; FADIGAS, ELIANE APARECIDA FARIA AMARAL; CARVALHO, CLÁUDIO ELIAS. Energia, Recursos Naturais e a Prática do Desenvolvimento Sustentável. 2. ed. Barueri, SP: Manole, 2012.

SOARES, STELA ALMEIDA. Gestão de Recursos Hídricos. Curitiba: InterSaberes, 2015.

TUNDISI, JOSÉ GALIZIA; MATSUMURA-TUNDISI, TAKAKO. Recursos hídricos no século XXI. Oficina de Textos, 2011.

VENDRAME, ANTONIO CARLOS. Perícia ambiental: uma abordagem multidisciplinar. IOB, 2006.

Capítulo 8

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE CURSOS DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO UTILIZANDO A ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS

Diego Scalioni
Helton Gomes
Lásara Rodrigues

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE CURSOS DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO UTILIZANDO A ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS

Diego Scalioni
Helton Gomes
Lásara Rodrigues

Resumo

Devido às crescentes exigências impostas pelas organizações, as instituições de ensino superior (IES) do Brasil possuem um importante papel. Elas contribuem, por meio de cursos de graduação e pós-graduação, para o ingresso de milhares de jovens no mercado de trabalho. Muitos esforços visando aumentar a qualidade da educação superior brasileira têm sido realizados. Esses esforços representam altos investimentos e são responsáveis por grande parte do orçamento do governo para a educação e, por isso, seus resultados devem ser avaliados. Porém, a literatura sobre a avaliação de IES no Brasil está carente de modelos quantitativos de avaliação da eficiência que contemplem os múltiplos fatores envolvidos na atividade universitária. Para uma melhor alocação de recursos e avaliação de desempenho nas IES, é necessário o uso de ferramentas de medição de eficiência, já que analisar apenas as saídas ou produtos dessas instituições não propicia uma visão completa em relação ao seu desempenho. Através dessas ferramentas é possível avaliar como os recursos estão sendo utilizados e que resultados esses estão gerando. Sendo assim, esse projeto teve como objetivo avaliar, através da Análise Envoltória de Dados (DEA), a eficiência de programas de pós-graduação em Engenharia de Produção oferecidos no Brasil. Como resultado, foram determinados programas de referência, no qual novos programas a serem abertos, ou programas considerados ineficientes, podem se espelhar. Os resultados obtidos irão auxiliar os gestores das IES na melhor alocação dos recursos disponíveis. A escolha do curso de Engenharia de Produção foi feita devido ao baixo número de programas oferecidos nessa área e, os existentes serem bem diversos, ou seja, abrangem conteúdos bem distintos.

Palavras-chave: educação superior, eficiência, dea, pós-graduação, engenharia de produção

1. Introdução

Devido as crescentes exigências impostas pelas organizações, as instituições de ensino superior (IES) do Brasil possuem o importante papel de qualificar milhares jovens, possibilitando o ingresso e a ascensão no mercado de trabalho. Muitos esforços visando aumentar a qualidade da educação têm sido realizados, o que representa em altos investimentos, e, portanto, seus resultados devem ser avaliados. Porém, a literatura sobre a avaliação da eficiência de IES no Brasil está carente de modelos quantitativos que contemplem os múltiplos fatores envolvidos na atividade universitária. A eficiência descreve a relação entre os recursos usados e os resultados obtidos na educação (WORTHINGTON, 2001).

Segundo Breu e Raab (1994), a limitação orçamentária e a preocupação com a qualidade do ensino tornaram os gestores das IES mais dispostos a aceitar o conceito de eficiência e a sua mensuração como instrumento de apoio à tomada de decisões. A avaliação da eficiência é uma alternativa aos gestores, à comunidade acadêmica e à sociedade em geral, primeiro, para a obtenção de informações que auxiliem na otimização dos principais recursos utilizados e, segundo, para o estabelecimento de pontos de referência a serem alcançados, objetivando destacar as melhores práticas e eliminar possíveis desperdícios, a partir de melhorias que conduzirão essas instituições a alcançar seu potencial (ABBOTT e DOUCOULIAGOS, 2003). Porém, a eficiência nas IES tem sido medida por meio de diversos indicadores que, quando usados isoladamente, não levam a uma efetiva conclusão acerca da realidade administrativa destas (SOLIMAN *et al.*, 2014). Sendo assim, é necessário o uso de ferramentas de medição para avaliar como os recursos estão sendo utilizados e que resultados estão gerando.

Uma ferramenta quantitativa, ainda pouco utilizada na análise da eficiência de IES, é a Análise Envoltória de Dados (*Data Envelopment Analysis* - DEA). A DEA é um método que avalia a eficiência de organizações que utilizam múltiplos recursos para produzir múltiplos produtos ou resultados.

Visto isso, esse trabalho tem como objetivo avaliar, através da DEA, a eficiência de programas/cursos de pós-graduação em Engenharia de Produção oferecidos por IES brasileiras. A escolha do curso de Engenharia de Produção foi feita devido ao baixo número de cursos/programas oferecidos nessa área e, os existentes serem bem diversos. Os resultados obtidos poderão auxiliar aos gestores das IES na melhor alocação dos recursos disponíveis,

ajudando, conseqüentemente, na capacitação dos seus alunos. Além disso, os resultados obtidos auxiliarão as IES na abertura de novos programas/cursos de pós-graduação. Para isso, foram utilizados os modelos DEA clássicos CCR e BCC, orientados à *input* e *output*. Foram selecionados quarenta e dois programas/cursos, dois *inputs* e doze *outputs*.

O restante desse trabalho está organizado como segue. Na seção 2 é apresentada a DEA, bem como uma revisão literária com sua aplicação na educação. É descrito, também, na seção 2, como foram selecionados os modelos, as DMU's, os *inputs* e os *outputs*. Na seção 3 são apresentados e analisados os resultados obtidos. A seção 4 conclui o trabalho. Na seção 6 são feitos os agradecimentos.

2. Revisão de literatura e metodologia

2.1. Análise Envoltória de Dados - DEA

A DEA (Charnes *et al.*, 1978) é um método de avaliação da eficiência de unidades tomadoras de decisão (*Decision Making Units* – DMU's), que utiliza múltiplos recursos (*inputs*) para produzir múltiplos produtos ou resultados (*outputs*). Ela permite identificar as DMU's de melhor prática, definindo *benchmarks* para as unidades consideradas ineficientes.

A DEA possui diversos modelos que possibilitam várias interpretações. Os modelos DEA clássicos, mais utilizados na literatura, são o Charnes-Cooper-Rhodes (CCR) e o Banker-Charnes-Cooper (BCC). O modelo CCR (Charnes *et al.*, 1978) trabalha com retornos constantes de escala, enquanto o modelo BCC (Banker *et al.*, 1984) considera situações com variação de escala.

O CCR foi o primeiro modelo DEA apresentado na literatura. Segundo Dreyer (2013), este modelo foi proposto com a meta de maximizar a eficiência das organizações (DMU's). O objetivo do modelo CCR é encontrar os valores ótimos para pesos (v e u), que maximizem a eficiência (θ). Sherman e Zhu (2006) ressaltam, entretanto, que, para esse modelo, múltiplas combinações de v e u podem ser geradas como valores ótimos. Já o modelo BCC foi criado como uma adaptação do modelo CCR, capaz de avaliar DMU's que operassem em escalas diferentes. A diferença básica entre os modelos está na variável livre (u_o), responsável por indicar se os retornos de escala serão crescentes, decrescentes ou constantes (COOPER *et al.*, 2007). Segundo Coelli *et al.* (2005), é viável a utilização do modelo CCR em situações em que se opera em condições estáveis. Porém, vários problemas encontrados na prática podem

tornar não viável a utilização desse modelo já que o mesmo retorna valores constantes de escala.

A DEA pode ser aplicada a uma imensa variedade de atividades, independente da natureza complexa dos múltiplos *inputs* e *outputs* envolvidos (COOPER *et al.*, 2007). Uma dessas atividades são as provenientes da educação.

2.2. DEA aplicada à educação

Apesar da pouca aplicação da DEA para avaliar a eficiência de IES, alguns trabalhos nessa área podem ser destacados.

Lidia *et al.* (2003) e Alencastro *et al.* (2006) utilizaram o modelo CCR clássico para avaliarem cursos de pós-graduação em engenharia e a gestão de recursos em instituições privadas de ensino, respectivamente. Já Lins *et al.* (2004) utilizaram o modelo CCR e algumas de suas variações para avaliar o desempenho da pós-graduação em Engenharia de Produção. Casado (2007) utilizou os modelos CCR e BCC em suas análises de eficiência na educação superior, enquanto Giacomello *et al.* (2013) e Benício *et al.* (2012) utilizaram os modelos CCR e BCC, respectivamente, para a avaliação de IES. Os autores consideraram somente modelos orientados à *output*. Por fim, Sant'Anna (2002, 2005a, 2005b) apresenta três estudos aplicados a cursos de graduação em Engenharia de Produção, todos utilizando o modelo CCR clássico. Nenhum trabalho foi encontrado considerando os modelos CCR e BCC em suas duas orientações.

Com o propósito de avaliar a eficiência das IES no Brasil, mais especificamente da pós-graduação em Engenharia de Produção, a pesquisa literária sobre o tema auxiliou na determinação dos modelos DEA a serem utilizados, bem como os *inputs* e *outputs*.

2.3. Seleção dos modelos, DMU's, *inputs* e *outputs*

Os modelos utilizados nesse trabalho foram selecionados com base em sua recorrência na literatura, o que comprovou a aplicabilidade na avaliação das IES. Os modelos selecionados foram o CCR e o BCC, em ambas suas orientações, a *input* e *output*.

Com base na tabela de Cursos Avaliados e Reconhecidos, disponível na Plataforma Sucupira, que apresenta todas as IES com programas/cursos pós-graduação em Engenharia de Produção e suas respectivas áreas de concentração, foram identificados 53 programas/cursos. Buscou-se

então determinar quais IES fariam parte da análise (DMU's). O critério utilizado para essa seleção foi a disponibilidade de dados, uma vez que é necessário ter uma base de dados acessível e confiável. Foi considerada, também, a Regra de Ouro para determinar o número mínimo de DMU's a serem selecionadas.

Na seleção dos dados foi utilizada a Regra de Ouro, a qual recomenda que o número de DMU's deve ser pelo menos igual a três vezes a soma total do número *inputs* e *outputs* envolvidos, ou pelo menos igual ao produto do número de *input* e *output* (BANKER *et al.*, 1989). Adota-se o critério associado ao maior número de DMU's necessárias.

Para determinar quais seriam as IES avaliadas, bem com seus respectivos *inputs* e *outputs*, tomou-se como base a disponibilidade de dados acessíveis e a literatura de temas semelhantes. Sendo assim, foram selecionados dois *inputs*:

1. Número médio de docentes permanentes entre 2013 a 2016 (DP)
2. Proporção entre bolsistas de produtividade e docentes permanentes (TDP)

E doze *outputs*:

1. Número de dissertações defendidas de 2013 a 2016 (DIS)
2. Número de teses defendidas de 2013 a 2016 (THE)
3. Número de patentes concedidas (PTC)
4. Número de artigos no *qualis* A1 com presença de discente (A1D)
5. Número de artigos no *qualis* A2 com presença de discente (A2D)
6. Número de artigos no *qualis* B1 com presença de discente (B1D)
7. Número de artigos no *qualis* B2 com presença de discente (B2D)
8. Número de artigos no *qualis* B3 com presença de discente (B3D)
9. Número de artigos no *qualis* B4 com presença de discente (B4D)
10. Número de artigos no *qualis* B5 com presença de discente (B5D)
11. Número de artigos no *qualis* C com presença de discente (CD)
12. Nota do PPG segundo avaliação da CAPES em 2017 (Nota2017)

Portanto, foram selecionados um total de quatorze variáveis e, segundo a Regra de Ouro:

1. $3 \times 14 = 42$

$$2. \quad 2 \times 12 = 28$$

Adotando-se o critério de maior valor, para se obter resultados satisfatórios, deve-se analisar pelo menos quarenta e duas DMU's.

Portanto, com base nos critérios adotados, foram selecionadas quarenta e duas IES, as quais não serão apresentadas para preservar suas identidades. Os dados foram coletados de arquivos da Pró-reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação (PROPP) da Universidade Federal de Ouro Preto e dos sites das IES elegíveis como DMU's.

3. Resultados e discussões

Para a realizar a avaliação, foi utilizado o *software* OSDEA, a partir do qual é possível obter os valores de eficiência e os grupos de referência das DMU's, que foram enumeradas e randomizadas antes de se obter os resultados de modo a garantir a aleatoriedade dos dados assim como evitar qualquer tendência. Sendo assim, as DMU's passaram a ser denotadas por U_i para $i = 1, \dots, 42$. Na Tabela 1 são apresentados, para cada DMU, os valores coletados para os *inputs* e *outputs*.

Tabela 1 - Valores coletados dos *input* e *outputs* selecionados

DMU	DP	TDP	DIS	THE	PTC	A1D	A2D	B1D	B2D	B3D	B4D	B5D	CD	Nota2017
U1	23	0,00	90	0	0	0	0	0	0	1	0	13	3	3
U2	10	0,08	100	0	0	4	2	6	3	11	14	7	15	3
U3	15	0,02	76	0	0	1	2	0	1	1	7	5	11	3
U4	12,75	0,28	61	28	0	11	19	9	7	5	3	7	2	6
U5	13	0,26	48	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	5
U6	15,5	0,09	29	0	0	0	0	0	0	1	2	1	0	3
U7	17	0,41	135	91	0	9	8	14	5	15	19	21	6	5
U8	19,5	0,08	84	32	0	5	2	8	10	27	10	32	21	4
U9	13,5	0,00	25	0	0	0	0	0	1	1	1	2	1	3
U10	11,5	0,00	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	3
U11	11,25	0,21	56	19	2	6	8	6	4	6	5	5	4	5
U12	9	0,23	73	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	5
U13	9,25	0,10	40	0	0	2	2	3	0	7	2	12	10	4
U14	10	0,00	40	0	0	0	0	1	0	3	1	6	7	4

U15	10,25	0,05	61	0	0	0	0	0	0	0	2	5	7	3
U16	8	0,00	32	0	0	0	0	0	0	4	2	1	6	3
U17	16,75	0,27	55	19	0	11	8	3	3	4	0	0	5	4
U18	10,75	0,24	81	11	0	16	6	12	9	14	6	12	11	5
U19	26	0,15	78	75	0	8	15	17	11	21	17	14	17	4
U20	14	0,06	45	0	0	1	1	3	3	6	11	7	4	3
U21	18,75	0,12	50	43	0	11	4	9	10	9	10	7	8	4
U22	18,25	0,13	71	47	0	25	13	11	4	8	14	10	12	5
U23	19,25	0,09	22	0	0	1	0	0	1	2	2	2	2	3
U24	16,25	0,08	68	0	0	6	2	3	5	6	8	5	4	4
U25	10	0,13	16	0	0	0	0	0	0	1	1	0	2	3
U26	13	0,08	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	3
U27	9	0,08	52	24	1	2	1	4	3	7	19	34	34	3
U28	12	0,04	47	36	0	2	2	4	14	15	20	20	24	5
U29	9,25	0,03	70	0	0	0	0	1	0	0	1	2	0	4
U30	12,75	0,02	82	0	0	0	2	2	9	13	5	5	16	4
U31	20	0,01	45	0	0	0	0	0	0	0	10	8	7	3
U32	11,75	0,09	61	0	0	0	1	1	2	2	6	9	12	3
U33	12,25	0,27	58	17	0	12	7	10	6	11	22	14	23	4
U34	12,75	0,08	81	5	0	4	7	4	8	15	28	19	70	4
U35	10	0,07	10	0	0	0	0	1	2	1	2	4	8	3
U36	24,25	0,10	65	73	0	21	11	31	35	67	61	72	76	5
U37	9,5	0,00	73	0	0	0	0	0	0	4	3	16	37	3
U38	13	0,18	71	55	0	12	6	8	10	19	21	29	31	6
U39	14,25	0,13	60	0	0	0	0	0	1	0	2	2	1	5
U40	15,75	0,12	121	0	0	2	5	18	12	19	52	45	68	3
U41	11	0,09	91	0	0	8	3	13	4	11	16	14	35	5
U42	10	0,00	51	0	0	0	1	0	0	2	3	0	1	3

Fonte: Os Autores

Os valores obtidos após a resolução do modelo CCR orientado a *input* apontaram vinte e três DMU's como eficientes. Os grupos de referência para as DMU's consideradas ineficientes são apresentados na Tabela 2.

Como pode ser visto na Tabela 2, a DMU U38 mostrou-se a principal referência, sendo *benchmarking* para onze das dezenove DMU's ineficientes. Nota-se que as DMU's U9, U11, U16, U19, U33 e U40, apesar de avaliadas como eficientes, não são referência para quaisquer outras ineficientes. A Figura 1 apresenta a relação das DMU's eficientes com as ineficientes.

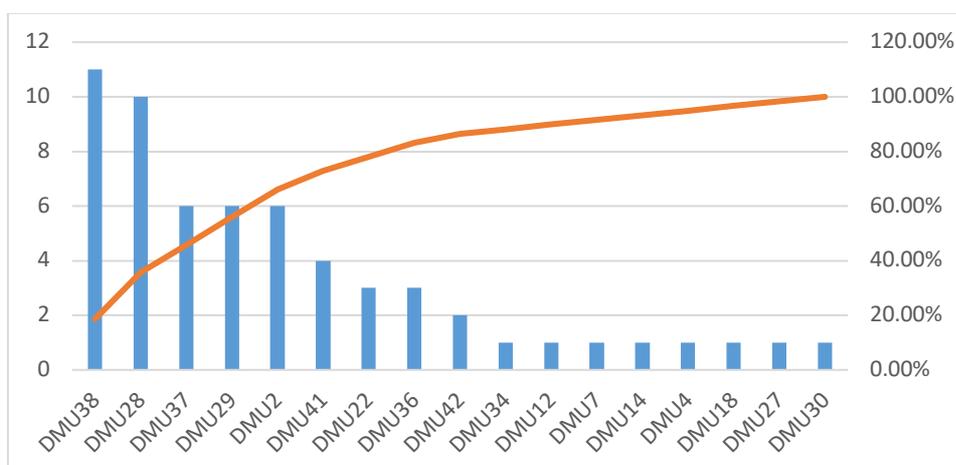
Através do gráfico de Pareto apresentado na Figura 1 é possível afirmar que aproximadamente 30% das principais DMU's *benchmarking* são referência para mais de 60% das ineficientes.

Tabela 2 - Grupos de referência das DMU's ineficientes

DMU	Grupo de Referência
U1	U37.
U3	U22, U34, U37, U42.
U5	U12, U38.
U6	U28, U29, U38.
U8	U2, U7, U28, U36, U37.
U10	U14.
U13	U28, U29, U38.
U15	U2, U29, U37.
U17	U2, U4, U18, U22, U38, U41.
U20	U2, U28, U29, U30, U41.
U21	U28, U36, U37, U38.
U23	U28, U38.
U24	U22, U28, U41, U42.
U25	U28, U38.
U26	U28, U38.
U31	U36, U37.
U32	U2, U27, U29, U38, U41.
U35	U28, U38.
U39	U2, U29, U38.

Fonte: Os Autores

Figura 1 - Pareto das principais DMU's *benchmarking* (CCR)



Fonte: O Autor

Em relação ao modelo CCR orientado a *output*, os resultados obtidos foram os mesmos. Isso era de se esperar, uma vez que o modelo orientado a *output* mostra-se como um modelo dual do modelo orientado a *input*.

Os valores obtidos após a resolução do modelo BCC orientado a *input* apontaram vinte e quatro DMU's como eficientes. Apenas uma DMU (U1) a mais foi considerada eficiente em comparação ao modelo CCR. Os grupos de referência são apresentados na Tabela 3.

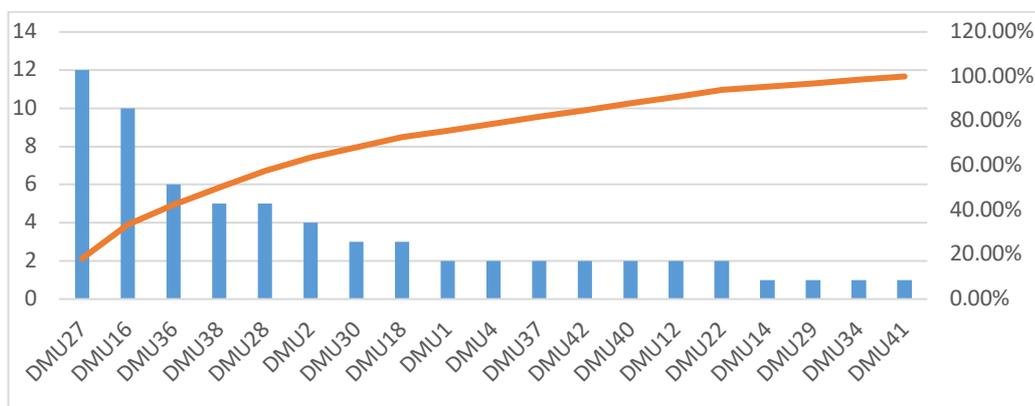
Tabela 3 - Grupos de referência de DMU's ineficientes BCC (Orientado a *input*)

DMU	Grupo de Referência
U3	U1, U30, U36, U37, U42.
U5	U27.
U6	U16, U27.
U8	U1, U2, U30, U36, U40.
U10	U14.
U13	U4, U16, U18, U27.
U15	U2, U12, U16, U27.
U17	U4, U16, U18, U22, U38.
U20	U16, U27, U28, U34, U36, U40, U41.
U21	U22, U27, U28, U36, U38.
U23	U16, U27, U28, U38.
U24	U28, U30, U36, U38.
U25	U16, U27.
U26	U16, U27.
U31	U36, U37, U42.
U32	U2, U12, U16, U18, U27.
U35	U16, U27, U28.
U39	U2, U27, U29, U38.

Fonte: Os Autores

Como pode ser visto na Tabela 3, a DMU U27 mostrou-se como a principal referência, sendo *benchmarking* para doze das dezoito DMU's ineficientes. Tal relação pode ser vista na Figura 2. As DMU's U7, U9, U11, U19 e U33, avaliadas como eficientes, não são referência para quaisquer outras DMU's.

Figura 2 - Pareto das principais DMU's *benchmarking* (BCC orientado a *input*)



Fonte: Os Autores

Com base no gráfico de Pareto apresentado na Figura 2 é possível afirmar, também, que aproximadamente 30% das principais DMU's *benchmarking* são referência para mais de 60% das DMU's ineficientes.

Foi possível notar, também, que todas as DMU's consideradas eficientes no modelo CCR também foram no BCC, mas a recíproca não é verdadeira. A DMU U38, principal referência nos modelos CCR, no modelo BCC orientado a *input* é referência para apenas cinco DMU's. Por outro lado, a DMU U27, principal referência no modelo BCC orientado a *input*, no modelo CCR é referência para somente uma DMU. Outro fator a se considerar é que as DMU's U9, U11, U19 e U33, eficientes para ambos os modelos orientados a *input*, não são referências para quaisquer outras DMU's.

Considerando agora a resolução do modelo BCC orientado a *output*, os valores obtidos apontaram vinte e cinco DMU's como eficientes. Uma DMU a mais (U10) foi considerada eficiente no modelo orientado a *output* em comparação ao modelo orientado a *input*. Os grupos de referência são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 - Grupos de referência de DMU's ineficientes BCC (Orientado a *output*)

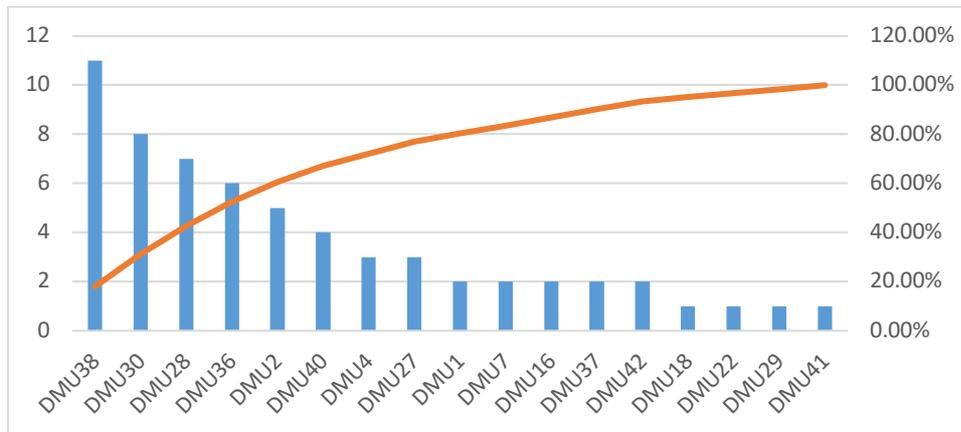
DMU	Grupo de Referência
U3	U1, U30, U36, U42.
U5	U2, U7, U38.
U6	U28, U38.
U8	U1, U2, U30, U36, U40.
U13	U4, U16, U18, U27.
U15	U2, U29, U30, U37.
U17	U4, U7, U22, U38.
U20	U28, U30, U36, U38, U40.
U21	U2, U28, U30, U36, U38.
U23	U28, U38.
U24	U28, U30, U36, U38.
U25	U4, U27, U38.
U26	U28, U38.
U31	U36, U37, U42.
U32	U2, U30, U38, U40, U41.
U35	U16, U27, U28.
U39	U30, U38, U40.

Fonte: Os Autores

Como pode ser visto na Tabela 4, a DMU U38 mostrou-se como a principal referência, sendo *benchmarking* para onze das dezessete DMU's ineficientes. As DMU's U9, U10, U11, U12, U14, U19, U33 e U35, avaliadas como eficientes, não são referência para quaisquer outras DMU's. Essa relação é mostrada na Figura 3.

Através do gráfico de Pareto, apresentado na Figura 3, mais uma vez é possível afirmar que, aproximadamente, 30% das principais DMU's *benchmarking* são referência para mais de 60% das DMU's ineficientes.

Figura 3 - Pareto das principais DMU's benchmarking (BCC orientado a *output*)



Fonte: Os Autores

O modelo BCC orientado a *output* apresentou resultados parecidos com os modelos CCR, como a DMU U38 sendo a principal referência, influente para onze DMU's ineficientes em ambos os modelos. Das onze DMU's influenciadas, nove coincidem para ambos os modelos. As DMU's U9, U11, U19 e U33, apesar de eficientes para todos os modelos, não são referências em nenhum deles.

Foi possível verificar que algumas DMU's possuem apenas uma DMU eficiente como referência, enquanto outras possuem um grupo maior de possibilidades, de modo que podem trabalhar em diferentes variáveis, isto é, podem tanto maximizar seus produtos caso estes estejam abaixo das DMU's referência, quanto minimizar seus insumos caso estejam acima.

Cada modelo pode ter uma aplicação mais adequada de acordo com a situação. Como este estudo utilizou uma base de dados de escala semelhante para todas as variáveis, todos os modelos escolhidos são aceitáveis.

4. Conclusões

Esse artigo teve como objetivo avaliar, através da DEA, a eficiência de quarenta e dois programas/cursos de pós-graduação em Engenharia de Produção oferecidos por IES brasileiras. Pretendeu-se, com isso, determinar programas/cursos referências, no qual novos programas a serem abertos ou programas considerados ineficientes podem se espelhar. As DMU's avaliadas e os respectivos *inputs* e *outputs* foram selecionados de acordo com a disponibilidade dos dados e com base na literatura do tema. Os dados foram obtidos através

da PROPP-UFOP e nos sites das IES elegíveis. Os modelos DEA utilizados foram o CCR e o BCC, em ambas suas orientações, totalizando quatro modelos.

Em relação aos modelos CCR, ambos obtiveram a mesma solução. Nos resultados obtidos pelos dois modelos, vinte e três DMU's analisadas mostraram-se eficientes, sendo a U38 a principal referência para as consideradas ineficientes.

Para os modelos BCC, na solução do modelo orientado à *input* verificou-se que vinte e quatro DMU's mostraram-se eficientes, sendo a U27 a principal referência. Já na solução do modelo orientado à *output*, verificou-se que vinte e cinco DMU's mostraram-se eficientes, sendo a U38 a principal referência.

Para todos os quatro modelos utilizados foi possível verificar que aproximadamente 30% das principais DMU's *benchmarking* são referência para mais de 60% das DMU's ineficientes.

Determinadas as IES de referência, os gestores das consideradas ineficientes podem se espelhar, buscando a melhor utilização de seus recursos e elevando, dessa forma, seu nível de eficiência. Além disso, os resultados obtidos auxiliarão IES que pretendem abrir um programa/curso de pós-graduação em Engenharia de Produção.

Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer à UFOP pelo incentivo e apoio no desenvolvimento desse trabalho que teve origem em um projeto de iniciação científica.

REFERÊNCIAS

ABBOTT, M. & DOUCOULIAGOS, C. The Efficiency of Australian Universities: a Data Envelopment Analysis. *Economics of Education Review*, v. 22, 2003.

ALLENCASTRO, L.; FOCHEZATTO A. Eficiência técnica na gestão de recursos em instituições privadas de ensino superior. *Análise*, 17, p. 236-239, 2006.

BANKER, R.D.; CHARNES, A.; COOPER, W.W. Some Models for Estimating Technical Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis. *Management Science*, v. 30, n. 9, 1984.

BANKER, R. D. et al. An Introduction to Data Envelopment Analysis with Some of its

Models and Their Uses. *Research in Governmental and Non-Profit Accounting*, v. 5, p. 125-163, 1989.

BREU, T. M. & RAAB, R. L. Efficiency and Perceived Quality of the Nation's "Top 25" National Universities and National Liberal Arts Colleges: An Application of Data Envelopment Analysis to Higher Education. *Socio-Economic Planning Sciences*, v. 28, 1994.

CASADO, F. L. Análise Envoltória de Dados: Conceitos, Metodologia e Estudo da Arte na Educação Superior. *Revista Sociais e Humanas*, v. 20, 2007.

CHARNES, A.; COOPER, W.W.; RHODES, E. Measuring the Efficiency of Decision Making Units. *European Journal of Operational Research*, v. 2, 1978.

COELLI, T. J.; RAO, D. S. P.; O'DONNELL, C. J.; BATTESE, G. E. An introduction to efficiency and productivity analysis. Nova York: Springer-Verlag, 2005.

COOPER, W. W.; SEIFORD, L. M.; TONE, K. Data Envelopment Analysis. Boston, MA: Springer US, 2007.

DREYER, K. A.; The Evaluation of Case-Mix Adjusted Efficiency Scores: The Case of the South African Private Hospital Industry. 2013. 123f. Dissertação (Mestrado em Ciências e Negócios) – University of Cape Town, Cape Town. 2013.

GIACOMELLO, CINTIA P.; OLIVEIRA, R. L. DE. Análise Envoltória de Dados (DEA): uma proposta para avaliação de desempenho de unidades acadêmicas de uma universidade. *Revista GUAL*, v. 7, n. 2, p. 130–151, 2014.

LINS, M. P. E.; ALMEIDA, B. F. DE; JUNIOR, R. B. Avaliação de desempenho na pós-graduação utilizando a Análise Envoltória de Dados: o caso da Engenharia de Produção. *Revista Brasileira de Pós-Graduação*, n.1, p. 43-49, 2004.

PLATAFORMA SUCUPIRA. Cursos Avaliados e Reconhecidos. Disponível em: <<https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/programa/quantitativos/quantitativos>>

ativoIes.jsf?areaAvaliacao=13&areaConhecimento=30800005>. Acesso em: 21 de fevereiro de 2018.

SANT'ANNA, A.P. Cálculo probabilístico de produtividades globais no ensino de pós-graduação em Engenharia de Produção. Anais do VIII Encontro de Educação em Engenharia. Petrópolis, 2002.

SANT'ANNA, A. P. Modelagem e avaliação de produtividade de cursos de mestrado em Engenharia de Produção. Anais do XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Curitiba, 2002.

SANT'ANNA, A. P. Composição Probabilística e Análise Envoltória de Dados na Avaliação Dinâmica de Cursos. Anais XXXVII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional. Gramado, 2005.

SHERMAN, H. D.; ZHU, J. Service Productivity Management: Improving Service Performance using Data Envelopment Analysis (DEA). Nova York: Springer US, 2006.

SOLIMAN, M.; SILUK, J. C. M.; NEUENFELDT JR, A. L.; CASADO, F. L.; PARIS, S. R. Modelagem para avaliação da eficiência técnica de unidades universitárias. GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas, Bauru, Ano 9, nº 1, 2014.

WORTHINGTON A. An Empirical Survey of Frontier Efficiency Measurement Techniques in Education. Education Economics, v. 9, n. 3, 2001.

Capítulo 9

AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS NOMATADOURO PÚBLICO MUNICIPAL DE MORADA-NOVA-CE

Darlene Queiroz Rabelo
Jonyca Mikaella de Freitas Cavalcante
Danielle Rabelo Costa
Sérgio Horta Mattos

AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS NO MATADOURO PÚBLICO MUNICIPAL DE MORADA-NOVA-CE

Darlene Queiroz Rabelo

Jonyca Mikaella de Freitas Cavalcante

Danielle Rabelo Costa

Sérgio Horta Mattos

Resumo

O crescimento populacional nas últimas décadas acarretou a um aumento significativo no consumo de carne bovina, trazendo assim a necessidade de produzir carne para que toda a demanda seja suprida. É então que surge os matadouros, sejam eles públicos ou privados, as atividades realizadas nesse local podem provocar diversos problemas ambientais, especialmente no que se diz respeito as condições finais dos efluentes líquidos e resíduos sólidos provenientes do mesmo. Em virtude disso, a pesquisa tem como objetivo identificar os impactos ambientais decorridos das atividades realizadas no Matadouro público de Morada Nova- Ceará. A metodologia aplicada foi a pesquisa bibliográfica e pesquisa de campo. Os resultados analisados mostraram que os maiores impactos ambientais referem-se ao depósito de cascos, vísceras não comestíveis, restos de carne e ossos que são depositados constantemente em valas a céu aberto. Além de todos esses impactos, podemos destacar as fezes dos animais que são colocadas em um terreno, ocasionando mal cheiro para a população. Em virtude dessas condições, apresentou-se como sugestão a adoção de medidas sustentáveis, tais como: a aplicação de atividades de coleta de resíduos e a reciclagem, para que assim os resíduos gerados possam ser aproveitados e transformados em outros produtos comercializáveis.

Palavras-chave: Impactos ambientais, efluentes líquidos e sólidos, matadouro

1. Introdução

Desde a origem do homem, a carne faz parte da sua alimentação. Atualmente, com o crescimento populacional, a demanda por carne tem aumentado, provocando um acentuado aumento nas atividades no setor de bovinos, que conseqüentemente trouxe consigo uma

preocupação com o meio ambiente, pela geração de resíduos que poluem o ar, água e o solo. Nessa perspectiva, levando em consideração o elevado índice do consumismo de carne bovina pela população brasileira, surge a necessidade de uma análise detalhada sobre o processo de abate dos animais nos matadouros, bem como, os impactos ambientais causados ao meio ambiente, e a comunidade local.

O abate de bovinos é uma das atividades econômicas mais importantes no mercado brasileiro. Nesse seguimento, destaca-se que no 3º semestre de 2017, o abate de bovinos teve alta de 7,6% no trimestre, cerca de 7,98 milhões de cabeças (IBGE, 2017). Vale ressaltar que de acordo com Goettens (2011 *apud* CENTURION, 2010) o Brasil é o quarto maior exportador de carne suína do mundo, que vem se estabelecendo como um dos grandes produtores e exportadores de alimentos, demonstrando seu potencial em produtos de origem animal, onde se destaca-se entre eles, a carne suína. Em contrapartida, as leis que revigoram no país, ainda não seguem de forma rigorosa, e apesar de todo aparato normativo, ainda é comum identificar diversas irregularidades, tanto em matadouros públicos ou privados, no que se diz respeito as condições precárias de funcionamento e a falta de regras de higiene, que podem acarretar riscos de contaminação ao meio ambiente e na saúde da população local. Toledo (1997) menciona que o Brasil não oferece um controle sanitário organizado e qualificado dos animais abatidos. É fato, que grande parte dos matadouros nem sempre dispõe de estrutura física, condições sanitárias e segurança de trabalho adequadas, impondo a saúde da coletividade a constantes riscos. Ainda de acordo com Silveira, C. et al., (2013 *apud* ROUQUAYROL; ALMEIDA, 2003), grande parte dos municípios brasileiros não desenvolvem ações de inspeções dos produtos de origem animal, e também não dispõe de condições adequadas no processamento de abate.

Diante das circunstâncias, evidencia-se que os matadouros são geradores de resíduos sólidos e efluentes líquidos de elevado potencial poluidor. Dentre os resíduos sólidos se identifica vísceras, couro, ossos, esterco, sebo, etc. Em relação aos efluentes líquidos, se apontam águas residuais contaminadas com esterco, sangue, vísceras, entre outros. Enfatizando este pensamento, salienta-se que esses estabelecimentos de abate provocam diversos danos ambientais quando não atendem as normas exigidas pela legislação ambiental. A ABNT NBR ISO 14001, 2015 exige que as empresas considerem todas as questões ambientais relativas às suas operações, como a poluição do ar, questões referentes à água e ao esgoto, a gestão de resíduos, a contaminação do solo e a utilização e eficiência dos recursos. Neste cenário, é de extrema importância o surgimento da gestão ambiental, uma vez que, a mesma é um dos temas mais discutidos no contexto mundial, que vem ganhando destaque por ser a melhor forma na

busca de soluções e melhorias para os mais diversos tipos de problemas, permitindo o avanço da conscientização ambiental.

Em face da realidade encontrada no Matadouro, principalmente levando em consideração a questão dos impactos ambientais, o presente estudo terá como proposta responder à seguinte questão: Como o Matadouro público no Município de Morada Nova- Ceará tem gerenciado os impactos ambientais decorrentes do desenvolvimento de suas atividades? Para responder a esta pergunta, tem-se como principal objetivo avaliar o processo de abate dos animais, assim como, os impactos ambientais provenientes desta atividade e os danos ambientais que a mesma causa na saúde da população local. E como objetivos específicos, analisar os impactos ambientais causados pelos resíduos líquidos e sólidos, identificando onde os mesmos vem sendo despejados, para posteriormente averiguar se existem formas de tratamento aos dejetos advindos do matadouro e por último, verificar quais as providências tomadas pelo matadouro, no sentido de minimizar os impactos ambientais que os dejetos trazem para a comunidade residida em seu entorno.

Portanto, buscou-se através da metodologia de listagem, identificar os principais impactos ambientais causados no matadouro público do município de Morada Nova- Ce. Além disso, como forma de assimilar melhor a problemática ambiental provinda desses estabelecimentos, foram efetuadas entrevistas e visitas no intuito de compreender com mais eficácia o funcionamento de suas respectivas atividades e por fim, para complementar a pesquisa, foram realizados registros fotográficos para melhor análise das condições de abate e estrutura do matadouro.

2. Referencial teórico

2.1. Matadouro

O território brasileiro é bastante expansivo, beneficiando o setor pecuário da economia, proporcionando a criação de bovinos por todas as regiões do país. Levando em conta o alto índice de bovinos, surge a necessidade da implantação de matadouros. Contudo a maioria destes, não obedece os requisitos mínimos de higiene, não oferecem segurança para os manipuladores da produção e, principalmente, degradam o meio ambiente por ser geradora de efluentes e de resíduos de alto potencial poluidor, que conseqüentemente, afetam a saúde da população local.

Segundo o Decreto nº 30.691, Art. 21º do Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal, (RIISPOA, 1952) entende-se por matadouro:

§ 1º - Estabelecimento dotado de instalações complexas e equipamentos adequados para o abate, manipulação, elaboração, preparo e conservação das espécies de animais sob variadas formas, com aproveitamento completo, racional e perfeito de subprodutos não comestíveis, devendo possuir instalações de frio industrial.

No segundo parágrafo do mesmo decreto, matadouro pode ser definido ainda como:

§ 2º - Estabelecimento dotado de instalação adequada para a matança de quaisquer das espécies de açougue, visando o fornecimento de carne em natureza ao comércio interno, com ou sem dependências para a industrialização; disporá obrigatoriamente, de instalação e aparelhagem para o aproveitamento completo e perfeito de todas as matérias-primas e preparo de subprodutos não comestíveis.

2.2. Impactos ambientais causados pelo matadouro

A Resolução nº 001 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 1986) considera-se impacto ambiental:

Art. 1º - Qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam: I - a saúde, a segurança e o bem-estar da população; II - as atividades sociais e econômicas; III - a biota; IV - as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; V - a qualidade dos recursos ambientais.

Segundo Araújo; Costa (2014 *apud* PACHECO; YAMANAKA, 2006) os impactos ambientais gerados por matadouros estão relacionados principalmente ao consumo de água e energia, geração de efluentes líquidos com alta carga de poluição orgânica, o odor, os resíduos sólidos e o ruído advindo de máquinas e animais.

Em ênfase a este pensamento, Tavares; Weber (2011 *apud* ROCHA MARIA, 2008) reforça que os problemas ambientais ocasionados pela atividade dos frigoríficos estão associados com os despejos dos resíduos oriundos de diversas etapas do processo de abate.

Santos (2015) e Padilha (2015) menciona que o processo de abate de animais é de alto risco de contaminação, pois gera uma quantidade considerável de resíduos contaminados, pois trata-se

da morte de seres vivos, e geralmente são concentrados em grande quantidade e em pequenos espaços, nos grandes matadouros do País. Ainda segundo os autores, uma importante questão em relação aos resíduos produzidos pelos abatedouros são as contaminações que podem afetar o meio ambiente e por consequência a saúde humana. Nesse ponto de vista, o controle dos resíduos é essencial para a manutenção da qualidade ambiental.

Ainda nessa concepção, conforme Silva, D. et al., (2016 *apud* BNB, 1999) os principais impactos ambientais negativos nos abatedouros são: a geração de efluentes hídricos que podem causar a contaminação dos solos e das águas superficiais e subterrâneas, além de produzir odor indesejado na decomposição da matéria orgânica.

2.3. Efluentes líquidos e resíduos sólidos

De acordo com a ABNT NBR 9800, 1987 efluente líquido é o despejo líquido proveniente do estabelecimento industrial, compreendendo-se efluentes no processo, como: águas de refrigeração poluídas, águas pluviais poluídas e esgoto doméstico.

Em matadouros, assim como em vários outros tipos de indústrias, o elevado consumo de água provoca alto volume de efluentes, 80 a 95% da água consumida é despejada como efluente líquido. Estes efluentes apresentam-se fragmentos de carne, gorduras, vísceras e sangue, caracterizadas principalmente por possuir: Alta carga orgânica; Alto conteúdo de gordura; Flutuações de pH em função do uso de agentes de limpeza ácidos e básicos. Podendo receber várias formas de tratamento, físico-químico ou biológicos, anaeróbios ou aeróbios (PACHECO, 2006).

Denomina-se resíduos sólidos as atividades resultantes de origem industrial, doméstica, agrícola, comercial, entre outros. Incluindo os lodos provenientes de Estações de Tratamento de Efluentes, resíduos gerados em equipamentos e instalações de controle da poluição, bem como determinados líquidos que se tornam inviável o seu lançamento na rede pública de esgoto e nem no ambiente (ABNT NBR 10004, 2004).

Os resíduos sólidos encontrados nos matadouros são vísceras de animais, fragmentos cárneos, conteúdo intestinal, ossos, pêlos, sendo todos passíveis de tratamento biológico. Na perspectiva econômica e ambiental muito desses resíduos poderiam ser modificados em subprodutos úteis para consumo humano, alimento de animais e para indústrias de rações. Sendo estes descartados em lixões, aterros, ou mesmo reciclados ou incinerados (PACHECO, 2006).

Nesse sentido, Feistel (2011, *apud* PARDI et al., 2006) destaca que nos matadouros, os resíduos são de grandes quantidades e representam sérios problemas em virtude do alto valor de matéria

orgânica. A maioria destes, é altamente putrescível e causam odores desagradáveis, que podem se disseminar pela vizinhança ou repercutir na própria indústria.

Ainda segundo Feistel (2011, *apud* SISINNO et al., 2002) o despejo final dos resíduos sólidos deve ser feito de maneira segura, sem acarretar riscos para a saúde e nem provocar impactos ambientais. As formas mais empregadas para a destinação final destes resíduos são: o aterro sanitário, enterramento, compostagem, reciclagem e incineração. Para sua posterior utilização são recomendados a reciclagem como forma de transformar os resquícios animais em outros produtos, aumentando a eficiência no uso da matéria orgânica.

2.4. Gestão Ambiental

Gestão ambiental é um sistema de administração empresarial que dá ênfase na sustentabilidade. Desta forma, a gestão ambiental visa o uso de práticas e métodos administrativos, que reduz ao máximo o impacto ambiental das atividades econômicas nos recursos da natureza (SOUZA; CAMPARE, 2014).

Segundo Betat (2011 *apud* AGÊNCIA AMBIENTAL BRASILEIRA, 2005), entende-se por Gestão Ambiental o conjunto de princípios, estratégias e diretrizes de ações e procedimentos para proteger a integridade dos meios físico e biótico, bem como a dos grupos sociais que deles dependem.

Segundo Florencio, G. et al., (2015 *apud* GUIMARÃES, 2006) um Sistema de Gestão Ambiental (SGA) engloba a estrutura organizacional, planejamento, responsabilidades, práticas, procedimentos, processos e recursos para desenvolver, implementar, atingir, analisar criticamente e manter a política ambiental. São condutas da empresa na procura de reduzir ou excluir os efeitos negativos que suas atividades acarretam no ambiente.

Conforme Oliveira (2005), a ISO 14000 é uma série de padrões, internacionalmente reconhecidos, por estruturar o Sistema de Gestão Ambiental (SGA) de uma organização e o gerenciamento do desempenho ambiental. As empresas ao implantar um SGA devem dispor de tempo para o planejamento, pois as atividades não são simples. As mesmas são bastante complexas, onde a administração da organização precisa envolver todos em seu processo.

3. Metodologia

Tendo como ideal o objetivo geral desta pesquisa que é “identificar os impactos ambientais

decorridos das atividades realizadas no Matadouro público de Morada Nova- Ceará”, classifica-se a mesma como descritiva.

Segundo Gil (2008), A pesquisa deste tipo tem como objetivo relatar características de determinada população ou fenômeno ou o estabelecimento de relações entre variáveis. Um dos aspectos mais relevantes está na aplicação de técnicas padronizadas de coleta de dados.

Do ponto de vista dos procedimentos técnicos adotados, pode-se classificá-la como pesquisa bibliográfica e pesquisa de campo. O alcance dos objetivos da pesquisa foi possível por meio da realização de alguns procedimentos metodológicos exposto a seguir.

Para identificação dos impactos ambientais fez-se necessário a utilização da metodologia de listagem de controle (*check list*). Juntamente a utilização desse método, executou-se uma pesquisa bibliográfica para melhor compreensão do assunto abordado; visitas ao matadouro para observação do processo de abate, suas etapas e resíduos gerados. Para finalizar reforçando a pesquisa, foram feitos registros fotográficos para melhor percepção da situação de abate e estrutura do matadouro.

No que se refere a coleta de dados, eles foram obtidos no período compreendido em 15/01/2018 a 16/03/2018 no referido matadouro público. A partir da coleta dos dados decidiu por analisá-los de forma qualitativa, no propósito de identificar estruturas, processos, resíduos e impactos gerados.

4. Resultados e discussões

O Matadouro Público localizado na sede rural do Município de Morada Nova – CE, que hoje conta com 36 servidores públicos, cujos horários de funcionamento são de 13:00 às 17:00, tem como principal objetivo abater animais para serem comercializados em supermercados e frigoríficos do município. Para a análise dos impactos ambientais ocorridos no empreendimento, buscou-se realizar uma descrição de sua estrutura física, identificando os efluentes líquidos e sólidos gerados nas etapas do processo de abate, bem como sua respectiva destinação.

4.1. Descrição da estrutura física do matadouro

Referente a estrutura física, o matadouro é constituído por currais de recepção dos animais, brete (corredor) que conduz os mesmos para a sala de abate, onde são efetuadas as demais

etapas, como: atordoamento, esfolagem, evisceração e esarteamento. Também se evidencia um espaço para pesagem das carcaças e expedição da carne, além de uma fossa para armazenamento dos efluentes líquidos e sólidos. A figura 1 retrata a estrutura descrita.

Figura 1- Estrutura física do matadouro



Fonte: Autores (2018)

Em se tratando do ambiente de abate, a área do matadouro é ampla e capaz de atender à demanda de animais, porém sua estrutura externa não condiz com o que decreta o Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA), aprovado pelo Decreto nº 30.691, de 29 de março de 1952. Onde salienta-se alguns pontos importantes que não fazem parte das condições de funcionamento do matadouro, tais como: não dispõe de equipamentos necessários e adequados ao trabalho, não possui instalações com câmara fria para

melhor retenção da carne, não detêm de sala de necropsia com forno crematório, nem de elevadores e guindastes que ofereçam garantia de segurança, piso impermeável, dentre outras. A demais, todos os aspectos anteriormente abordados, apresentam sérias consequências ao meio ambiente, aos funcionários e a saúde da população em seu entorno.

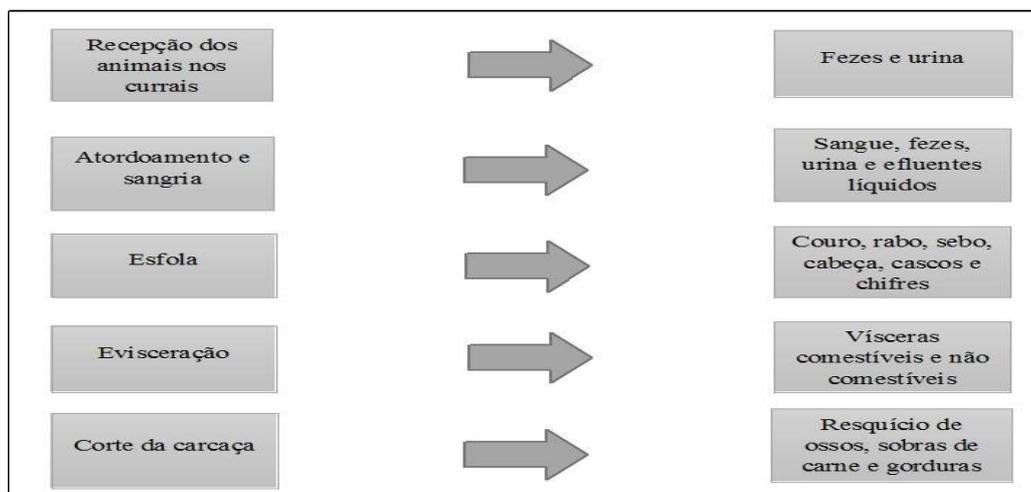
4.2. Descrição do processo produtivo do matadouro

No que se diz respeito as etapas do processo de abate, segue-se adiante seu detalhamento. Inicialmente os animais são acolhidos nos currais, onde são encurralados por 24 horas, para descanso. Nesse período é feito uma avaliação veterinária antes dos mesmos serem abatidos. A partir desse processo, os animais são direcionados para sala de abate, onde é executado o atordoamento manual realizado por meio de uma pistola pneumática. Após feito o atordoamento é executado a sangria que efetiva a morte do bicho. Posteriormente, os animais são conduzidos em uma plataforma com roldanas até o local onde é feito o processo de esfolagem, evisceração e esquartejamento manual cometida com o uso de facas. Nesse estágio, retira-se as partes superiores, inferiores, pele e cabeça, seguida da evisceração (retirada das vísceras brancas e vermelhas). Dando continuidade, o processo prossegue com a separação da carcaça do animal, sendo dividida em quatro partes. Depois de preparada, a carcaça é submetida ao mecanismo de pesagem e levada para um carro fechado, tipo baú, sendo enviada para comercialização.

4.3. Geração de resíduos e efluentes líquidos do matadouro

O sistema da produção de carne gera, em cada etapa, resíduos sólidos e efluentes líquidos. Desse modo procurou-se demonstrar um esquema que permitisse detectar as etapas do processo e ao mesmo instante mostrar o que cada etapa gera em questão de resíduos e efluentes. O esquema é apresentado a seguir na figura 2.

Figura 2- Esquema da geração dos resíduos e efluentes líquidos



Fonte: Autores (2018)

De acordo com a figura 2, a primeira etapa consiste no acolhimento dos animais, assim como, os resíduos originados nele, que são as fezes e urinas. Ao efetuar o período de descanso (equivalente a 24 horas), os animais são encaminhados para a etapas de atordoamento e sangria, onde são eliminados uma extensa quantidade de sangue, fezes e urina. Após ser abatido, é realizado a esfola, etapa que compreende a remoção do couro, rabo, sebo, cabeça, cascos e chifres. Em seguida é feito a retirada das vísceras comestíveis e não comestíveis, sendo separadas e limpas, destinadas para fins de consumo e descartes. Por fim, ocorre o corte da carcaça gerando resquício de ossos, sobras de carne e gorduras. Nesse contexto, ressalta-se que a higienização do matadouro concede da utilização excessiva de água (cerca de 40 mil litros gastos no dia que ocorre o abate dos animais), que, por falta de mecanismo de racionalização moderno, esse desperdício irá conseqüentemente provocar um aumento na geração de efluentes líquidos.

4.4. Destinação dos resíduos líquidos e sólidos do matadouro

É importante que seja representada a atual destinação dos resíduos e efluentes líquidos provenientes do matadouro. A partir do quadro 1 é possível verificar essa destinação.

Quadro 1- Destinação dos resíduos líquidos e sólidos

Destinação dos resíduos e efluentes líquidos	
Resíduo ou efluente líquido	Destinação
Águas residuais e Sangue	Colocadas na fossa
Fezes	Depositados em um terreno no matadouro
Rabos, Couros e Gorduras	Depositadas em uma salgadeira para serem posteriormente vendidas pelo dono do boi
Cascos, Chifres e Cabeças	Depositadas em valas
Sebos	Vendidas para fabricação de sabão
Vísceras comestíveis	Tratadas e vendidas para consumo humano
Vísceras não comestíveis	Depositadas em valas
Restos de carne e Ossos	Depositadas em valas

Fonte: Autores, 2018

Através da análise do quadro podemos destacar que os maiores impactos ambientais referem-se ao depósito de cascos, chifres, cabeças, vísceras não comestíveis, restos de carne e ossos que são depositados constantemente em valas a céu aberto. Além de todos esses impactos podemos destacar as fezes dos animais que são despejadas em um aterro ocasionando mal cheiro para a população.

O Matadouro possui um órgão fiscalizador, ADAGRI (Agência de defesa Agropecuária do Estado do Ceará), porém, a fiscalização não é realizada com frequência e apesar de existir um órgão fiscalizador, o matadouro não dispõe de leis voltadas para a questão ambiental, onde se pode constatar alguns fatores negativos, como: Desmatamento da área onde é feita a vala para depositar os resíduos sólidos; Poluição do ar, por conta da caldeira movida a lenha; Desconforto da população devido ao mau cheiro proveniente do esgotamento da fossa e das fezes depositadas no terreno do matadouro, sendo representadas na figura 3.

Figura 3- Impactos ambientais providos do matadouro



Fonte: Autores, 2018

5. Conclusão

As atividades de abate realizadas no Matadouro Municipal de Morada Nova têm uma grande importância econômico-social para a população do município, uma vez que, a mesma gera emprego e renda, além de fornecer alimentos para o consumo humano. Mas em meio a esses benefícios, existe uma preocupação no que se refere a saúde humana e ambiental, devido ao processo de produção e comercialização providas do estabelecimento, necessitando de uma gestão municipal mais satisfatória que possa assegurar saúde para a população, bem como para o meio ambiente.

Verificou-se que o matadouro público de Morada Nova acarreta riscos ao meio ambiente e a saúde da população pelo controle inapropriado dos resíduos sólidos e líquidos. E apesar de boa parte dos resíduos serem reaproveitados, observa-se que os impactos ambientais ainda são notórios no matadouro, principalmente no que se diz respeito ao depósito de cascos, vísceras não comestíveis, restos de carne e ossos despejadas em valas a céu aberto, além das fezes descartadas no terreno do matadouro.

Uma das medidas estabelecidas pelos gestores do matadouro seria a implantação de um forno crematório. Mais mesmo com a aplicação dessa medida, ainda haverá fortes impactos ao meio ambiente e a saúde pública.

Para que os impactos ambientais sejam reduzidos o matadouro deve adotar medidas sustentáveis, aplicando atividades de coleta de resíduos e a reciclagem. Assim os resíduos de abate podem ser aproveitados e transformados em outros produtos comercializáveis. A adoção dessas medidas é a melhor maneira de destinação ambiental e de saúde pública.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, P.; COSTA, L. Impactos ambientais nas atividades de abate de bovinos: um estudo no matadouro público municipal de Caicó- RN. Rio Grande do Norte, p.20, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9800: Critérios para lançamento de efluentes líquidos industriais no sistema coletor público de esgoto sanitário. Rio de Janeiro, 1987. 3p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14001: Sistemas de gestão ambiental- Requisitos com orientação para uso. Rio de Janeiro, 2015. 41p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10004: Resíduos sólidos – classificação. Rio de Janeiro, 2004. 71p.

BRASIL. Decreto n. 30.691, de 29 março de 1952. Aprova o novo regulamento de inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal. DOU, 07 de jul. 1952. n. 155 Seção I- parte I, p. 212.

DUQUE, B; ANTÔNIO, L. A reciclagem de resíduos de origem animal: uma questão ambiental. São Paulo, p.9, 2007.

FEISTEL, J. Tratamento e Destinação de Resíduos e Efluentes de Matadouros e Abatedouros. Trabalho de Disciplina (Pós-Graduação em Ciência Animal da Escola de Veterinária e Zootecnia). 37p. Goiânia. Universidade Federal de Goiás, 2011.

FLORENCIO, G. et al., Benefícios e Dificuldades da Implantação de um Sistema de Gestão

Ambiental: Estudo de Caso do FB Frigorífico. VEREDAS, Pernambuco, v.8, n.1, p.4, jan./jun., 2015.

GIL, A. Métodos e técnicas de pesquisa social. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GOETTEMS, L. Manejo Pré Abate de Suínos. Monografia. 41p. Curitiba. Universidade Federal do Paraná, 2011.

HENZEL, M. Análise de Resíduos, como Mecanismo de Auxílio a Redução de Impactos Ambientais: Um Estudo de Caso em Abatedouro. Dissertação (Pós graduação em engenharia de produção). 125p. Santa Maria. Universidade Federal de Santa Maria, 2009.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. IBGE. Abate de bovinos cresce 9,0% em relação ao mesmo período de 2016 e 7,6% em relação ao 2º trimestre. Disponível em:

<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/2013-agencia-de-noticias/releases/18781-abate-de-bovinos-cresce-9-0-em-relacao-ao-mesmo-periodo-de-2016-e-7-6-em-relacao-ao-2-trimestre-do-an.html> acesso em 14 de fevereiro de 2018.

PACHECO, J.W. Guia técnico ambiental de frigoríficos – industrialização de carnes (bovina e suína) – Série P + L. São Paulo: CETESB. 2006.

RESOLUÇÃO CONAMA. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental. Resolução n.1, de 23 de janeiro de 1986. DOU, 17 de fev. 1986. Seção 1, p. 2548-2549.

SANTOS, A.; PADILHA, S. A Prevenção dos riscos ambientais provenientes do abate e processamento de carnes e derivados: a saúde coletiva e dos trabalhadores. Revista Eletrônica do curso de Direito da UFSM, Rio Grande do Sul, v.10, n.01, p.26, out. 2015.

SANTOS, S; ALMEIDA, P.L; SILVA, H. O Matadouro Municipal de Santa Cruz do Capibaribe-Pe e o Impacto Ambiental. Pernambuco, p. 09, 2009.

SCARASSATI, D. et al. Tratamento de Efluentes de Matadouros e Frigoríficos. In: III FÓRUM DE ESTUDOS CONTÁBEIS 2003.

SILVA, D. et al., Componentes não Carcaça de Cordeiros de Diferentes Genótipos. Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal, Fortaleza, v.10, n.4, p.17, out/dez, 2016.

SILVEIRA, C. et al., Abate Clandestino: Um Risco para Saúde Pública. Anais Simpac, Viçosa-MG, v.5, n.1, p.133-138, jan./dez. 2013.

SOUZA, G.; CAMPARE, R. Sistema de Gestão Ambiental (SGA) – uma abordagem sobre os aspectos desse importante instrumento administrativo. São Paulo, p.7, 2014.

TAVARES, E; WEBER, M. Impactos Ambientais e Tratamentos Gerados pelos Efluentes de Abatedouros de Bovinos. Trabalho de Disciplina (Pós-graduação MBA em sustentabilidade e gerenciamento ambiental/empresarial). 17p. Paraná. UNIVERSIDADE TUIUTI DO PARANÁ, 2011.

TOLEDO, J. C. Gestão da qualidade na agroindústria. In: BATALHA. M. O. (Org.). Gestão agroindustrial. São Paulo: Atlas, 1997.

II WORKSHOP INTERNACIONAL SOBRE ÁGUA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO, 1. 2015, Campina Grande. Avaliação dos Impactos Ambientais do Matadouro Público do Município de Sumé, Paraíba, Campina Grande: UFCG, 2017. 7p.

Capítulo 10

DESENVOLVIMENTO DE DINÂMICA PILOTO EM BLOCOS DE MONTAR LEGO PARA APRENDIZAGEM LÚDICA BASEADAS NA FERRAMENTA 5S DA ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Talita Nunes De Araújo
Aline Franciely Silva
Juliana Ng
José Da Silva Ferreira Junior

DESENVOLVIMENTO DE DINÂMICA PILOTO EM BLOCOS DE MONTAR LEGO PARA APRENDIZAGEM LÚDICA BASEADAS NA FERRAMENTA 5S DA ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Talita Nunes De Araújo
Alline Franciely Silva
Juliana Ng
José Da Silva Ferreira Junior

Resumo

Há um grande crescimento de graduandos no Brasil, contudo, há a sensação de que a qualidade no ensino não está crescendo no mesmo nível ou mesmo se mantendo. Diversos autores corroboram ao demonstrar que tal crescimento de discentes está desproporcional ao conhecimento adquirido. Diante disto, esta pesquisa busca a adequação e criação de dinâmicas com blocos de Lego para auxiliar no ensino de alguns temas da engenharia, principalmente na Engenharia de Processos e Operações e Engenharia da Qualidade. Especificamente esta pesquisa consiste em determinar formas lúdicas de aprendizagem para conteúdos teóricos a respeito de 5S, afim de modelar uma dinâmica piloto para aquisição deste conhecimento. Sendo o foco da pesquisa a adequação e desenvolvimento do piloto da dinâmica, juntando a participação ativa do pesquisador e a literatura, o método trabalhado é o de pesquisa-ação. Em suma, a pesquisa tem trazido inúmeros benefícios quanto ao entendimento das disciplinas a respeito de 5S vistas em sala de aula e a importância da aprendizagem lúdica. Foi criado um passo a passo para padronizar a criação das dinâmicas e facilitar seu entendimento e também aplicada a dinâmica da Montagem de Caminhões com a utilização dos 5 sentidos, obtendo retorno positivo de diversos alunos por meio de entrevistas não estruturadas posteriores à dinâmica.

Palavras-chave: Aprendizagem lúdica, engenharia de produção, 5s, blocos de montar lego

1. Introdução

No quesito social e institucional, as novas formas de aquisição de conhecimento vêm se

mostrando relevantes e agregando valor para o ensino e, principalmente, para os que nela se envolvem de forma direta, já que, utilizarão em uma prática lúdica, os conceitos vistos de forma teórica. Também visando os alunos no quesito institucional e de motivação para resolução de problemas, a utilização de dinâmicas traz consigo situações que na literatura são discutidas repetidas vezes, mas que na dinâmica se mostrarão presentes de forma prática. (CARDOSO, 2011).

Nos cursos de ensino superior a mesma verdade pode ser dita quanto à busca pela melhoria da qualidade dos cursos e pela conquista real do conhecimento pelos alunos. Formas lúdicas de aprendizagem propiciam, segundo a literatura (Lazarotto *et al.*, 2011; Leal *et al.* (2017), bons recursos para o vínculo da teoria para com a prática, aumento assim a qualidade e a percepção do ensino.

O Lego® representa uma tecnologia que pode ser integrada em disciplinas nos diversos períodos escolares, a fim de facilitar a aprendizagem por meio de uma técnica lúdica, permitindo a construção do conhecimento com uma metodologia diferenciada. Diante disto, como um piloto para futuras aplicações de aprendizagem lúdica, este trabalho objetiva desenvolver e aplicar uma dinâmica com blocos de montar Lego® para vinculação da teoria com a prática dos conceitos da ferramenta 5S em cursos de Engenharia de Produção. Para tanto, os objetivos desdobram-se em: desenvolvimento dos passos da dinâmica; aplicação da dinâmica com alunos; coleta de dados dos tempos de processo durante cada etapa da dinâmica; análise e apresentação das melhorias e da percepção do conhecimento adquirido de forma qualitativa.

A justificativa para a utilização de blocos de montar Lego® é ressaltada diante da facilidade de se criar cenários diversos com kits pequenos para utilização dos discentes. Autores como Renó e Diniz (2009) também relevam esta utilização devido aos seus trabalhos cada vez mais frequências em todas as áreas da ciência, mas principalmente nas engenharias e gestão, com diversas soluções lúdicas para aprendizado de conceitos e situações.

Com o foco da pesquisa no desenvolvimento e aplicação de um piloto de dinâmica com a participação dos pesquisadores em conjunto com a literatura, o método que melhor se encaixa neste é o de pesquisa-ação. A escolha do método de pesquisa aqui apresentado é fortificada por Miguel *et al.* (2010) que afirma que as características principais deste método de pesquisa envolvem um estudo voltado para resolução de problema, tendo a participação ativa do pesquisador, contribuindo tanto para o meio científico quanto para contexto do estudo.

2. Revisão teórica

2.1. Aprendizagem lúdica

Estar exposto em um ambiente de informação, como expressa Piaget (1977), não significa estabelecer um processo de conhecimento. Transformar a informação em conhecimento requer ações conjugadas de professor e aluno, em várias situações de aprendizagem, de modo que o aluno possa estabelecer relações, comparar, diferenciar, experimentar, analisar e atribuir significados, organizando estes conceitos em um processo continuado de construção de conhecimentos. A aprendizagem está completa quando os conhecimentos conseguem ser aplicados e, quando desafiado a novas experiências, o indivíduo consegue identificar soluções a partir de experiências vividas e do conhecimento adquirido (RÉGIO; CARMO, 2011).

No meio acadêmico existem diversas formas de ensino que fogem da monotonia da aprendizagem teórica, tais como a abordagem baseada em problemas, os jogos empresariais, a aprendizagem lúdica, entre outros, ou seja, a interatividade direta com o participante. Esses métodos podem ser utilizados em diversas áreas do ensino e ajudam o aluno na percepção prática e detalhada da área estudada. Segundo Leal, Alvim e Pinho (2012) a interatividade é um ingrediente importante na aprendizagem eficaz, permitindo o aluno se perguntar e refletir sobre questões problemáticas. Esta aprendizagem interativa pode ser efetivada por meio de jogos educacionais.

Os jogos educacionais representam uma excelente ferramenta na área da educação e estudos acerca deste assunto têm se tornado cada vez mais comuns no campo acadêmico. Existe a expectativa entre professores de que os jogos educacionais possam trazer inúmeros benefícios para os processos de ensino e aprendizagem. Autores como Cardoso (2011) e Datner (2006) apontam diversos jogos desenvolvidos e utilizados em diferentes níveis de ensino e disciplinas.

Datner (2006) formaliza a conceitualização de jogo como sendo uma atividade ou ocupação voluntária, exercida dentro de certos e determinados limites de tempo e espaço, segundo regras livremente consentidas, mas absolutamente obrigatórias, dotado de um fim em si mesmo, acompanhado de um sentimento de tensão e alegria e de uma consciência de ser diferente da vida cotidiana. O mesmo autor explica que jogo chega a ser um fato mais antigo do que a própria cultura, podendo ser definido como uma preparação para posteriores atividades sérias exigidas pela vida, ou ainda, um impulso inato para capacitação em

determinada faculdade. Em ambas as definições, o jogo é visto como essencialmente capaz de atrair e excitar seus participantes.

Enfatizando as informações apresentadas, é possível perceber que os jogos e simulações podem ser utilizados como estratégias lúdicas de aprendizagem, permitindo que os professores atravessem a lacuna existente entre aprendizagem teórica e prática. Contudo, faz-se importante ressaltar que os autores previamente citados não sugerem os jogos como forma de substituir leituras, palestras, estudos de caso e outros métodos de ensino, mas como uma complementação para o ensino (RÉGIO; CARMO, 2011).

2.2. 5S

Há várias oportunidades de melhoria numa fábrica/empresa quando se refere ao desperdício, tais como mão-de-obra, tempo, espaço, informação, inventário, entre outros. Os principais desperdícios encontrados num processo produtivo, segundo Ohno (1997) e Oliveira *et al.* (2015), são: movimentação excessiva de materiais; estoque e logística; comunicação e potencial humano; produtos defeituosos; operações errôneas; entre outros. Evitar esses desperdícios é um desafio que as empresas têm pela frente para conseguirem melhorar a qualidade de seus produtos e serviços e ser mais competitivas no mercado de trabalho.

O 5S é uma ferramenta que facilita o trabalho em equipe, melhora o controle da produção, manutenção, qualidade e compreende uma sequência de atividades a fim de eliminar tais desperdícios. Esta ferramenta deve ser executada em conjunto na área e nas outras áreas da fábrica para que o sistema funcione e um bom exemplo dessa aplicação são as áreas de apoio tais como manutenção, engenharia de fábrica e qualidade, onde pode melhorar a velocidade de atendimento, a análise da causa raiz e a sustentação das melhorias já realizadas (MONDEN, 1997).

A aplicação do 5S é semelhante a realização de *kaizen*, ou seja, melhoria contínua. Promovendo os 5S, uma empresa pode fabricar os produtos que os clientes desejam com boa qualidade, baixo custo, com rapidez e segurança, e ainda aumentar a lucratividade (MONDEN, 1997). Além disso, com a melhoria continua previne-se que, após um tempo, os resultados esperados não sejam alcançados, o que se deve principalmente a dois fatores: falta de planejamento; e falta de dedicação em procurar melhorar o que já existe.

Segundo Renó e Diniz (2009), a filosofia 5S inicia-se com eliminação dos itens desnecessários (*seiri*), organização de todos (*seiton*), limpeza constante para identificação de

problemas (*seiso*) e manutenção contínua dessas três etapas (*seiketsu*). Para que essas atividades se tornem constantes é preciso manter a disciplina desses hábitos adquiridos (*shitsuke*) e a avaliação do progresso para cada uma dessas etapas (IMAI, 1996). Todo esse esforço e dedicação voltam em forma de benefícios que eliminam desperdícios e reduzem trabalhos desnecessários. Abaixo segue uma descrição detalhada de cada senso (RENÓ; DINIZ, 2009):

- *Seiri* (Utilização) – classificação dos itens necessários e eliminação dos desnecessários. É pequeno o número de itens realmente necessário para o trabalho diário, boa parte não é usada e sempre se encontra refugos, produtos semiacabados, máquinas e ferramentas não utilizadas, ou seja, desnecessários;
- *Seiton* (Organização) – após a eliminação dos itens desnecessários, é preciso organizá-los por uso e definir locais de armazenamento com nome, endereço e quantidade para diminuir tempo e esforço de busca, e deve-se definir a quantidade máxima para não haver superprodução, garantindo assim um fluxo de um mínimo de itens de uma estação para outra numa base FIFO (*first in, first out*). Durante esta atividade há busca pela eliminação de armários, gavetas e cestos desnecessários; estes locais são fonte de acúmulo de excesso de materiais e de falta de classificação, gerando estoques desnecessários e dificuldade em encontrar os materiais que necessitam. “Cada coisa em seu lugar e um lugar para cada coisa”;
- *Seiso* (Limpeza) – é realizada a limpeza dos ambientes de trabalho para que outros problemas ou falhas escondidas apareçam para serem identificados e eliminados. Neste momento o uso dos cinco sentidos transforma a limpeza em um momento de inspeção, onde trincas, vazamentos, fontes de sujeira e peças desgastadas de equipamentos podem ser identificadas antes da ocorrência de falhas que possam gerar paradas e indisponibilidade do ativo. Esta etapa é de extrema importância para que o local possa se tornar, além de limpo, também ainda mais seguro. “Além de limpar, o importante é aprender a não sujar!”;
- *Seiketsu* (Padronização) – manter lugares, itens e pessoas (uniformes, unhas, entre outros) limpas para se ter um ambiente de trabalho limpo, saudável e seguro. Essa é uma maneira de garantir o fluxo contínuo de todas as atividades. Essa atividade deve ser determinada pelos cargos superiores e fazer parte do cronograma anual de planejamento do local de execução do trabalho;

- *Shitsuke* (Autodisciplina) – a autodisciplina é adquirida pelo hábito de realizar as atividades continuamente para manter um ambiente estável. Envolver os funcionários de forma direta na execução desta ferramenta faz com que o hábito de manter o ambiente de trabalho organizado se torne algo comum e parte da rotina diária das pessoas, transformando a cultura local.

Permitir as pessoas vivenciarem estes conceitos de forma lúdica auxilia no processo de fixação inicial dos conceitos aprendidos e os permite compartilhar a partir de um jogo algumas percepções desenvolvidas na infância e que ao se depararem com um ambiente real, onde nem sempre os treinamentos são realizados de forma adequada, se perdem gerando a sensação de que a desorganização estabelecida é algo comum (RENÓ; DINIZ, 2009).

2.3. Dinâmicas com Lego

A educação empresarial tem focado o desenvolvimento das habilidades humanas e das relações comportamentais, uma vez que se trata de uma troca do saber viver e conviver com o próximo pelo conhecimento adquirido por meio da vivência, o que oferece a oportunidade para saber e aprender a lidar com novas responsabilidades em papéis que vão da liderança ao trabalhador. O grande problema é que os métodos convencionais de ensino já não dão conta de formar profissionais com tais qualidades, que permitem a transformação e evolução do aluno. Daí surge a necessidade de novos métodos de ensino aprendizagem, que visam oferecer uma experiência mais real dos desafios encontrados em sua profissão. (DATNER, 2006). No Quadro 1 são mostradas dinâmicas em áreas da engenharia utilizando blocos de montar Lego®, corroborando com a ideia deste projeto e apresentando histórico na literatura da área.

Quadro 1 – Utilização de Lego em dinâmicas nas áreas de Engenharia de Produção

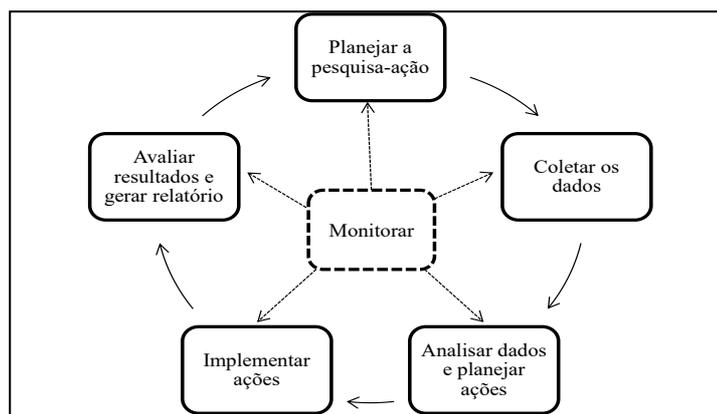
Autores	Temas da Engenharia de Produção	Detalhamento – Dinâmicas com Lego
Lazarotto <i>et al.</i> (2011)	Sistema Toyota de Produção	Montagem de carrinho aplicando ferramentas da produção enxuta .
Leal, Alvim e Pinho (2012)	Simulação computacional	Dinâmica de uma ratoeira para auxiliar no entendimento de transpor um ambiente real para um simulado.
Leal <i>et al.</i> (2017)	Sistema Toyota de Produção	Produção de um produto com aplicação dos conceitos e ferramentas da produção enxuta e avaliação do conhecimento antes e depois da atividade.
Pinho <i>et al.</i> (2009)	Simulação computacional	Montagem de um carro com medições de tempos e processos para lançamento em simulador computacional.
Régio e Carmo (2011)	Balanceamento produtivo e simulação	Dois processos diferentes para fabricação de um mesmo carrinho para aprendizagem de balanceamento e simulação.
Renó e Diniz (2009)	Gestão de Operações/ 5S	Construção de um caminhão passando por todas os sentidos do 5S, com detalhamento das melhorias e apresentação dos tempos de processo
Vargas <i>et al.</i> (2012)	Automação	Programação mindstorm para ensino prático dos conceitos de robótica e automação industrial.
Ynoguti e Barbosa Filho (2012)	Introdução à engenharia	Montagem de robôs e programação mindstorm utilizando abordagem baseada em problemas.

Fonte: Dos Autores

3. Método de pesquisa

Segundo Miguel *et al.* (2010) as características principais da pesquisa-ação, é o envolvimento de um estudo voltado para resolução de problemas em campo, com participação ativa do pesquisador, contribuindo tanto para o meio científico quanto para contexto do estudo. Sendo a elaboração de dinâmicas, com a utilização de blocos de montar Lego® uma atividade de participação ativa do pesquisador em conjunto com a literatura e os demais envolvidos, o método de estudo que melhor se enquadra é a de pesquisa-ação. A figura 1 apresenta o ciclo da pesquisa-ação, sendo que o mesmo se repete até que se alcancem os objetivos propostos ou seja determinado o fim do projeto.

Figura 1 – Ciclo da pesquisa-ação



Fonte: Adaptado Miguel et al. (2010) e Thiollent (2011)

Primeiramente foram analisados artigos e publicações a respeito do tema estudado, coletando dados e informações do que já foi aplicado pelos autores e pesquisadores e replicando em forma de revisão bibliográfica. Posteriormente, a coleta de dados foi feita por meio de observação e entrevistas semiestruturadas com os participantes. A cronometragem foi outro dado coletado diante as observações, este iria garantir a análise de produtividade no final da dinâmica. O próximo passo é analisar os dados coletados e planejar as ações, aqui seriam estudadas as formas de aprendizagem lúdica por meio das montagens com os blocos de Lego®, correlacionando com a pesquisa previamente realizada no primeiro ciclo de pesquisa-ação.

No quarto passo é a fase onde as ações propostas ao longo da pesquisa são colocadas em prática. A proposta da dinâmica piloto desenvolvida é apresentada por meio de quatro etapas que seguem a construção de um caminhão em Lego® conforme manual do próprio. Aqui foram considerados os conhecimentos pré-requisitados para entendimento das dinâmicas e o conhecimento adquirido após a realização da mesma. A organização e construção da dinâmica nessa etapa, na implantação das ações.

Por fim, a avaliação dos resultados exige que se faça uma análise de tudo que foi obtido por meio da pesquisa. É importante relatar os resultados obtidos e as dificuldades encontradas, afim de se obter soluções e melhorias para o presente trabalho, como sendo o principal objetivo do trabalho a aprendizagem lúdica, é necessário ver se o mesmo ocorre, avaliando os dados de cronoanálise e entrevistas de satisfação como os voluntários. Nesta etapa analisam-se os tempos recolhidos na aplicação de dinâmica e verifica-se a eficácia da aplicação dos 5S, além de ver nos alunos o retorno positivo de resultado da ferramenta aprendida.

4. Desenvolvimento

4.1. Estruturação da dinâmica: 5S aplicado na montagem de caminhões de Lego®

Com a coleta dos dados da literatura, conforme Quadro 1, e a decisão de se desenvolver a aprendizagem lúdica sob o conceito do 5S, o próximo passo é a estruturação do piloto desta dinâmica. Neste tópico deve estar contido o objetivo, a aplicabilidade, o tempo estimado de duração, o material necessário, os conhecimentos prévios e a disposição dos grupos.

Para a dinâmica deste artigo, o objetivo baseia-se em ensinar, por meio de uma forma lúdica, a aplicação do 5s nas atividades do dia-a-dia, mostrando sua importância e eficácia, como por exemplo, a importância de manter o ambiente de trabalho limpo e organizado. Ela consiste em medir o tempo para realização de cada montagem dos caminhões em ambientes e organizações diferentes para os locais das peças.

O número de participantes pode variar, sendo individual ou com formação de grupos, mas o mais indicado é que cada participante possua o seu kit Lego® para ser montado e analisado os resultados durante a dinâmica. Os grupos ou participantes deverão ser alocados em uma mesa plana, de preferência com os pontos ergonômicos corretos, que possua espaço suficiente para a distribuição do kit de caminhão Lego®, e colocação do cronometro de forma visível para o participante.

A dinâmica foi aplicada a alunos que estudam, estudaram ou estudarão assuntos relacionados ao 5S, empresas que implantarão a ferramenta (mostrando a sua importância e eficácia), dentre outros, com uma duração de aproximadamente 4 horas. Os envolvidos devem possuir um breve conhecimento em 5S, para que com a dinâmica este conceito seja melhor absorvido.

4.2. Desenvolvimento da dinâmica

A dinâmica de 5S é realizada sob uma bancada de uma mesa e consiste em medir o tempo para realização de cada montagem dos carrinhos em organizações diferentes, ou seja, 0S; 1S; 2S; 3S; 4S e 5S.

- a) 1º Passo: Ambiente 0S – Neste ambiente há uma mistura de peças úteis com as inúteis (Figura 2). Os alunos, em conjunto com o manual de montagem do caminhão em Lego® iniciam a montagem das peças com todas elas embaralhadas, conforme as receberam.

Figura 2 – Ambiente 0S



Fonte: Dos autores

- b) 2º Passo: Aplicação 1S (*Seiri* – Senso de utilização) – Deve-se realizar a separação das peças desnecessárias (Figura 3). Neste segundo passo, os alunos separam as peças úteis das não necessárias para a construção do caminhão em Lego®, novamente executando sua construção com as peças realmente úteis ainda misturadas.

Figura 3 – Ambiente 1S



Fonte: Dos Autores

- c) 3º Passo: Aplicação 2S/3S (*Seiton* e *Seiso* – Senso de organização e de limpeza) – Organização das peças no quadro sombra. Nesta etapa as peças úteis são organizadas pelos participantes da forma que eles julgam mais eficiente e organizada para que a montagem seja eficiente (Figura 4).

Figura 4 – Ambiente 2S/3S



Fonte: Dos autores

- d) 4º Passo: Aplicação 4S/5S (*Seiketsu* e *Shitsuke* – Sendo de padronização e auto-disciplina) – Padronização e implantação do quadro sombra mais eficiente (Figura 5). Neste passo, o modelo organizado por cada participante ou grupo de participantes é transferido para outro grupo, a fim de se determinar dentre todos, qual será o modelo padrão de organização a ser utilizado.

Figura 5 – Ambiente 4S/5S

Fonte: Dos Autores

4.3. Aplicações e resultados

A dinâmica piloto foi aplicada a cerca de 20 alunos de três cursos de engenharia, incluindo a engenharia de produção, foco desta pesquisa, com idades entre 17 e 20 anos, o intuito era mostrar na prática a real funcionalidade dos 5S. Ao adentrar a sala, já organizada com os materiais necessários para a dinâmica, os alunos se acomodaram, se organizando em duplas ou trios, e receberam uma breve explicação a respeito dos 5 sensores, e a cada etapa da dinâmica foi-se aprofundado um pouco mais na explicação das 5 palavras pertencentes, conforme Figura 6.

Figura 6 – Alunos dos cursos de Engenharia participantes da dinâmica.

Fonte: Dos Autores

Na tabela 1 estão apresentados os resultados da aplicação da dinâmica e a evolução no tempo cronometrado a cada senso aplicado. Eles foram coletados pelos participantes da dinâmica com o uso do cronômetro. Assim como citado por Renó e Diniz (2009), a evolução dos tempos a cada senso deveria ser gradativa, porém a dinâmica foi executada com pessoas que não possuíam experiência com o material utilizado, portanto é provável que tenham ocorrido divergências na evolução dos tempos devido à ansiedade, nervosismo, dentre outros.

Tabela 1 – Cronometragem dos tempos de realização da montagem do carrinho a cada senso
(em minutos)

EQUIPE	0S	1S	2S/3S	4S/5S
1	16,22	12,14	12,45	8,52
2	22,25	14	11,48	9,42
3	22,4	14,5	13,26	14,39
4	27,34	16,39	14,48	12,13
5	30,03	13,59	11,39	10,53
6	38,18	16,48	11,3	10,53
7	38	21,25	15,1	20,17
8	41,49	19,3	20,24	18,17
9	41,99	19,48	12	10,28
Média	30,88	16,35	13,52	12,68

Fonte: Dos Autores

Analisando a Tabela 1, verifica-se uma melhora significativa a cada senso aplicado, do 0S para o 1S houve uma evolução no tempo de 47%, do 1S para o 2S/3S de 17, 31% e do 2S/3S para o 4S/5S de 6, 21%. Esta melhora percentual foi bem percebida pelos envolvidos na dinâmica, a cada diminuição no tempo de montagem devido a aplicação dos Senso eles se sentiam ainda mais motivados para uma melhora contínua. Com isso, eles puderam constatar a real funcionalidade da aplicação desta dinâmica.

Em entrevistas semi-estruturadas posteriores à dinâmica, com o intuito de se determinar a aplicabilidade da ferramenta 5S e da aprendizagem lúdica, constatou-se que todos os grupos tiveram a nítida impressão de melhoria do ambiente com a aplicação dos senso, e visualizaram a aplicação em seu ambiente de trabalho. Também como respostas, obteve-se a percepção de que, mesmo em um sistema lúdica, com blocos de montar Lego®, foi possível sentir que há aplicação prática desta ferramenta e que houve conhecimento adquirido para

executar no dia-a-dia estes passos do 5S. Tais constatações vêm ao encontro da literatura, principalmente nos trabalhos de Leal *et al.* (2017) e Pinho *et al.* (2009) que também concluíram a validade das dinâmicas para aprendizagem de outros conceitos, mas pautando-se de trabalhos com kits Lego®.

5. Considerações finais

O presente trabalho teve como foco a dinâmica com blocos de montar como forma de aprendizagem lúdica para alunos dos cursos de Engenharia. Foi trabalhado o tema de 5s, ressaltando em melhorias durante o processo de montagem, como maior organização, mais agilidade no momento da montagem, dentre outros. Com isso, o objetivo de determinar formas lúdicas de aprendizagem para conteúdos teóricos a respeito de 5S, a fim de modelar um piloto em formato de dinâmica foi conquistado.

A realização dessa dinâmica de 5S em alunos de diferentes Engenharias foi bastante produtiva e bem-sucedida. Os envolvidos puderam verificar que esse é um bom método prático para a aprendizagem da ferramenta e também comprovar a eficácia de sua aplicação. Ajudou a melhorar a montagem de um brinquedo e assim, eles puderam constatar que se aplicada em seus ambientes de trabalho e nas maneiras de execução destes, gerando limpeza e organização, existem ganhos de melhoria na satisfação, motivação e bem-estar além da diminuição de tempo, que são a base para o próximo passo de padronização do trabalho dentro de empresas.

Na dinâmica proposta os alunos deveriam montar um caminhão em Lego® em torno de 4 vezes, sendo cada uma delas com a aplicação de um senso, conforme o manual do kit. Em seguida foram cronometrados e analisados os tempos de cada montagem e anotado. Os alunos não obtiveram nenhum tipo de treinamento ou orientação antes do início do processo, sendo que por isto, os dados coletados tiveram tanta evolução conforme as repetições eram feitas, se obteve um aprendizado e uma evolução perceptível dos voluntários ao longo das observações e coleta de dados.

Como futuro desenvolvimento pensa-se em realizar um guia para replicar a dinâmica dentro de sala de aula para os alunos, além de avaliar posteriormente quantitativamente a conquista do conhecimento pela prática lúdica sobre o tema.

REFERÊNCIAS

CARDOSO, I. M. *Métodos ativos de aprendizagem: o uso do aprendizado baseado em problemas no ensino de logística e transportes*. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) Universidade Federal de Itajubá, 2011.

DATNER, Y. *Jogos para educação empresarial*. São Paulo: Ágora, 2006.

IMAI, M. *Gemba Kaizen: estratégias e técnicas do kaizen no piso de fábrica*. São Paulo:

IMAM, p. 25-27, 69-77, 1996.

MONDEN, Y. *Toyota Production System: an integrated approach to just-in-time*. 3rd edition. Geórgia: Institute of Industrial Engineers, p. 199-218, 1997.

LAZZAROTTO, T. C.; BEDENDO, R.; PAVEI, K. Z.; MINKS, A. M. D. Utilização de jogos didáticos no aprendizado dos conceitos do Sistema Toyota de Produção. *In: ENCONTRO*

NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 31, Belo Horizonte, out 2011. *Anais do XXXI ENEGEP 2011*.

LEAL, F.; MARTINS, P. C.; TORRES, A. F.; QUEIROZ, J. A.; MONTEVECHI, J. A. B. Learning Lean with lego: developing and evaluating the efficacy of a serious game. *Production*, v. 27, p. 1-15, 2017.

LEAL F.; ALVIM I. P.; PINHO A. F. Aprendizagem interativa de modelagem e simulação a eventos discretos através de uma dinâmica com peças lego® *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL*, 2012, Rio de Janeiro. *Anais do SBPO 2012*.

MIGUEL, P. A. C.; FLEURY, A.; MELLO, C. H. P.; NAKANO, D. N.; TURRIONI, J. B.; LEE HO, L.; MORABITO, R.; MARTINS, R. A.; PUREZA, V. *Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

OHNO, T. *O Sistema Toyota de Produção – além da produção em larga escala*. Bookman, 1997.

OLIVEIRA, K. B. *et.al.* Utilização do pensamento enxuto para diagnóstico e proposição de melhorias no gerenciamento de hotéis. *In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, 35, Fortaleza- CE. *Anais XXXV ENEGEP 2015*.

PIAGET, J. *A tomada de consciência*. São Paulo. Melhoramentos. Ed. Da Universidade de São Paulo. 1977. 212 p.

PINHO, A. F.; LEAL, F.; MONTEVECHI, J. A. B.; COSTA, R. F. S. Utilização de LEGO® para o ensino dos conceitos sobre simulação computacional a eventos discretos. *In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO*, 29, Salvador, 2009. *Anais do XXIX ENEGEP 2009*.

RÉGIO R. L. S., CARMO C. T., Aprendizagem lúdica de sistemas produtivos – uma Proposta de simulação. *In: CONGRESSO BRASIELIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA*, 39, Blumenau, 2011. *Anais do XXXIX COBENGE 2011*.

RENÓ G. W. S.; DINIZ, C. P. Jogo de negócio simulador dos efeitos positivos da aplicação da ferramenta 5s - organização do local de trabalho na produtividade de um processo de montagem *In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO*, 29, 2009, Salvador. *Anais do XXIX ENEGEP 2009*.

THIOLLENT, M. *Metodologia da pesquisa-ação*. 18 Ed. São Paulo: Cortez, 2011.

VARGAS, M. N.; MENEZES, A. G. C.; MASSARO, C. M.; GONÇALVES, T. M. Utilização da robótica educacional como ferramenta lúdica de aprendizagem na engenharia de produção: Introdução à produção automatizada. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA*, 40, BELÉM, 2012. *Anais do XL COBENGE 2012*.

YNOGUTI, C. A; BARBOSA FILHO, N. D. Introdução à engenharia: uma abordagem baseada em problemas usando kit Lego NXT. *In: International Conference PBL*, 2012, Cali, Colômbia. *Anais do IC BPL 2012*.

Capítulo 11

DIRETRIZES DO CONCEITO SMARTCITY PROPOSTOS AO CONTEXTO DO TRANSPORTE URBANO DA CIDADE DE BELÉM

Euler Santos Arruda Junior
Alcides Gomes Moreira Neto
Caio Santos
Christiane Lima Barbosa

DIRETRIZES DO CONCEITO SMARTCITY PROPOSTOS AO CONTEXTO DO TRANSPORTE URBANO DA CIDADE DE BELÉM

Euler Santos Arruda Junior
Alcides Gomes Moreira Neto
Caio Santos
Christiane Lima Barbosa

Resumo

O presente trabalho propõe explorar o conceito SmartCity, propondo um caminho de transição para a cidade de Belém, em direção ao modelo de cidade inteligente no quesito de transportes urbanos. Para tal, o trabalho foi desenvolvido nos moldes de uma revisão bibliográfica com estudos de caso múltiplo. Buscou-se uma literatura apropriada, definiu-se o tópico de interesse e após as análises houve a síntese do conteúdo bibliográfico. Analisando exemplos bem sucedidos no velho continente europeu e de cidades da regiões sul e sudeste do Brasil, a cidade de Belém mostra vários problemas de mobilidade urbana que podem ser resolvidos seguindo os conceitos dos sucessos obtidos nos locais supracitados, lembrando sempre que nunca uma cidade vai se comportar igual a outra devido uma serie de fatores como por exemplo educação, clima, relevo distintos entre cada cidade. Com as aplicações propostas a região metropolitana de Belém poderia usufruir de grande melhoria na mobilidade urbana. Foi sugerida uma melhor integração nos transportes terrestres com a melhoria da circulação de bicicletas dispostas em determinadas regiões da cidade; uma melhoria na circulação de pessoas em determinadas áreas do comércio; e uma integralização no meio da Internet of Things, que seira a utilização de aplicativos para a informação necessária à se ter uma melhor mobilidade, o exemplo foi o uso de um App para informações dos ônibus da cidades. Assim, com estas ideias aplicadas pode-se ter um resultado de um maior dinamismo no tráfego e uma grande melhoria na qualidade de vida da população.

Palavras-chave: SmartCity, transporte urbano, Internet of Things

1. Introdução

As demandas sem precedentes geradas no ambiente urbano associadas às práticas antiquadas de planejamento levaram grande parte das metrópoles às condições de saturação e é previsível que outras cidades ao crescerem sofram com os mesmos problemas. Os congestionamentos constantes comprometem o deslocamento de trabalhadores, a produtividade das cidades com um prognóstico pouco otimista para a humanidade. Portanto, o estudo e desenvolvimento de novas formas de planejamento urbano é imprescindível para unir eficiência e qualidade de vida ao ambiente.

A solução *SmartCities* é promissora, pois prevê o emprego de tecnologia da informação às atividades cotidianas. O crescimento das cidades e o fluxo de dados sobre elas e seus cidadãos, permitirá a transformação do ambiente urbano onde a tecnologia é adaptada de forma inovadoras para atender às necessidades locais (Townsend et. al., 2010).

Assim é possível modificar as relações entre a comunidade e os serviços urbanos aplicando ferramentas e plataformas de tecnologia da informação que proporcionem a interação entre o usuário e a rede de transporte público para tornar uma *cidade inteligente*, melhorando o ambiente, o bem-estar social, a segurança e os serviços.

A pesquisa foi estabelecida em torno de uma questão: "Como a cidade de Belém se posiciona em relação às *SmartCities* em um contexto de transporte urbano?"

2. Revisão bibliográfica

2.1. Conceito *smartcity*

Para Su (2011) *SmartCity* é definido como o uso da Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) para medir, analisar e integrar os dados-chaves de um sistema em um único sistema núcleo, trazer respostas inteligentes para diferentes tipos de necessidades, incluindo as do dia-a-dia, preocupação ambiental, segurança pública e atividades do comércio, indústria e serviços da cidade.

Nas cidades inteligentes os edifícios/construções inteligentes ganham destaque, onde sensores, atuadores, controladores, unidades centrais de programação, interfaces de diversos tipos, redes de comunicação e medidores inteligentes são instalados para garantir um melhor desempenho energético. (Morvaj, 2011). Apesar de muito amplo e pouco conciso, uma *Smartcity* envolve

diminuir distâncias físicas da cidade utilizando a tecnologia. A ideia é equivaler o crescimento populacional à mobilidade de uma cidade com o uso de aplicativos.

2.2 Panorama atual

Santander é uma cidade costeira no norte da Espanha, língua espanhola, população média 200.000 habitantes, área de 35 km², forte em turismo e comércio marítimo (University Of Cantabria, s.d.).

O *SmartSantander* é o projeto que visa a construção de estruturas de pesquisa experimental para dar suporte a aplicações e serviços de *SmartCities*, a implantação de uma estrutura experimental heterogênea, confiável e de larga-escala, com as variáveis e a dinâmica do mundo real. Uma das estratégias escolhidas para atrair o interesse de diferentes partes é a oferta de uma série de aplicações, cujos temas serão selecionados de acordo com o maior potencial de impacto nos cidadãos, possibilitando ilustrar a importância da diversidade, dinamicidade e escala nas soluções avançadas propostas. (Smartsantander, s.d.).

A plataforma será atrativa para indústrias, comunidades de usuários, outras entidades interessadas em usar o experimento para implantar novos serviços e aplicações e pesquisadores da Internet que buscarem validar suas novas tecnologias, tais como protocolos, algoritmos, interfaces, etc. O experimento de Santander utiliza os sensores e a infraestrutura disponível para diversos casos e intenções diferentes, tais como: Monitoramento ambiental; Estacionamentos ao ar livre; Monitoramento ambiental móvel e do tráfego; Guia a estacionamentos; Irrigação de parques e jardins; Realidade aumentada; Sensoriamento participativo.

Dois aplicativos - *El Pulso de la Ciudad* e *SmartSantanderRA* - são oferecidos aos usuários para os sistemas operacionais IOS e Android, gratuitos à população através de *smartphones*. O primeiro é um sensoriamento participativo que envia alertas sobre tipos específicos de eventos que estejam ocorrendo na cidade. O segundo é um aplicativo baseado em tecnologia de realidade aumentada, reúne informação de 2.700 lugares e permite acesso em tempo real a câmeras de trânsito e da praia, previsões do tempo, informações sobre linhas de ônibus e aluguel de bicicletas, gerando um ecossistema único para cidadãos e visitantes ao transitar pela cidade (SMARTSANTANDER, s.d.).

O Rio de Janeiro possui o seu coração *SmartCity*: o Centro de Operações Rio (COR), cujo sistema integra trinta órgãos do governo municipal, monitoramento 24 horas por dia, diariamente. Ele permite a previsão de situações de emergência e coordena uma resposta imediata a elas. Possui 560 câmeras instaladas na cidade e um sistema de dados de interconexão

que permite a visualização, monitoramento e análises apropriadas, todos focados em uma única sala de controle, responsável pela tomada de decisão e resolução de problemas e tempo real.

Figura 1 - Sala de controle do COR



Fonte: <http://cor.rio/>Acesso: Jul. 2017.

O Centro de Operações colabora diariamente para a mobilidade da cidade com o acompanhamento constante da situação do trânsito e dos transportes públicos da cidade além de monitorar o consumo de energia elétrica, água e possui um sistema de previsão meteorológica de alta resolução com antecedência de até 48 horas. As informações coletadas pelo COR podem ser acessadas diariamente pelos cidadãos nas redes sociais *Twitter* e *Facebook*, informando-os sobre problemas e alternativas de deslocamento (TAYLOR, s.d.).

Em 2011, os telefones de atendimento público de 46 órgãos municipais foram integrados nesta única linha. O serviço evoluiu para a forma de um aplicativo (1746 Rio) que possibilita ao cidadão reportar diferentes tipos de ocorrência. Em 2013, a prefeitura do Rio de Janeiro fez uma parceria com os desenvolvedores do *Waze*, um aplicativo de mapeamento coletivo que fornece informações sobre as condições do trânsito em função do que os próprios cidadãos relatam.

Atendendo aos usuários da frota de ônibus, o projeto *Rio SmartCity* da Prefeitura chegou à cidade na época da Copa do Mundo de 2014 para auxiliar turistas no deslocamento pelo Rio. A princípio, alimentado por informações dos próprios usuários, o aplicativo passou a receber os dados de GPS coletados pela concessionária usando aparelhos instalados nos veículos. O sistema dispõe de adesivos inteligentes que podem ser colados em frente aos principais pontos

turísticos do Rio, fornecendo informações em tempo real sobre as linhas que passam no local e sua posição.

Uma outra boa aplicação relacionada ao transporte público é a disponibilização de informações com horários, frequência e avisos de emergência em painéis eletrônicos localizados na própria parada, facilitando o dia a dia dos usuários de transporte público que não tem acesso ou não sabem operar a tecnologia no aparelho de celular, assim diminuindo o estresse e tempo perdido.

Com um caráter mais social, o programa lançado em 2010 de responsabilidade da Secretaria Especial de Ciência e Tecnologia, busca atuar sobre o problema do analfabetismo digital em um mundo cada vez mais tecnológico. Ele trata da construção de Praças e Naves do Conhecimento, garantindo a existência de um destes espaços, dando treinamento na área tecnológica, tais como: alfabetização digital, tecnologia e comunidade, tecnologia e empreendedorismo, curso de inglês. (PREFEITURA DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO, 2013-a).

Curitiba é um município brasileiro com 1.893.997 habitantes, situado na região Sul (IBGE, 2016), experimentou diversos planos urbanísticos e legislações que visavam controlar seu crescimento e o cuidado ao meio ambiente. A maior delas foi no transporte público, cujo sistema inspirou o TransMilenio, implantado na cidade de Bogotá, na Colômbia.

O sistema de transporte coletivo de Curitiba é um dos mais eficientes do Brasil, o que é comprovado por uma série de prêmios internacionais. A inauguração da primeira estação- tubo, foi em 1989. A plataforma do veículo deveria se encaixar perfeitamente à estrutura do ponto de ônibus. Com o passar dos anos, o mobiliário futurístico deixou de ser um cartão-postal famoso. Isso por que, com a chegada dos anos 2000 já estava na hora de fazer ajustes na estrutura, segundo o próprio arquiteto do projeto das estações tubo (Cruz, 2015).

Figura 2 - Parada tubular de ônibus da Estação Marechal Floriano



Fonte: <https://commons.m.wikimedia.org/> Acesso: Jan, 2018.

Para os usuários do transporte coletivo na cidade de Curitiba além da opção de utilizar o portal da prefeitura, há a opção de utilizar vários aplicativos para se locomover pela cidade. Com o aplicativo, o usuário visualiza a quantos quilômetros o veículo está da sua localização e acompanha todo o deslocamento no mapa do ônibus selecionado. Tal função possibilita o cálculo de tempo aproximado de espera.

Com relação aos sistemas de monitoramento da cidade e ao compartilhamento de bicicletas, a cidade de Curitiba não está totalmente integrada, assim dificultando se tornar uma *SmartCity*. Porém as idéias acima mencionadas estão começando a se desenvolver, por exemplo, o início das operações do CCO - Centro de Controle Operacional e complemento ao SIM - Sistema Integrado de Mobilidade, cuja estrutura, quando finalizado, é formar um núcleo de comando de operações online, permitindo a gestão integrada do transporte e do trânsito na cidade, de forma sistematizada (Urbanização de Curitiba, 2018).

3. Metodologia

O presente trabalho foi desenvolvido nos moldes de uma revisão bibliográfica, análise e síntese do conteúdo bibliográfico, incluindo apresentação de referências nacionais e internacionais, à uma pesquisa de campo sobre a situação atual e o potencial da cidade de Belém, respectivamente. Definida como um tipo de investigação voltada para os aspectos qualitativos de uma determinada questão, isso significa que é capaz de identificar e analisar dados que não podem ser mensurados numericamente.

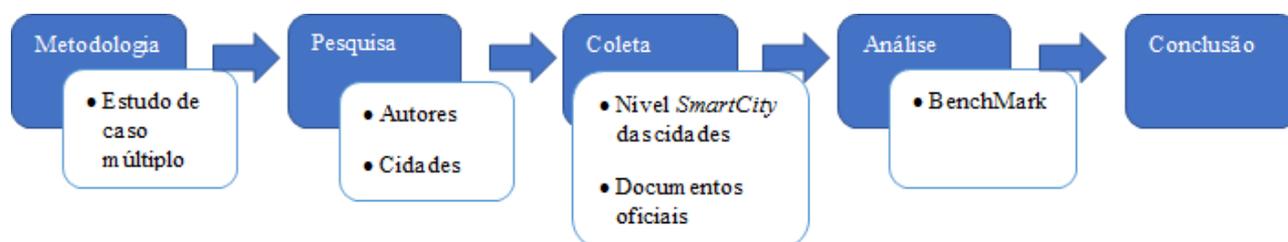
Foi selecionado um conjunto de artigos científicos e publicações de institutos de pesquisa que continham definições próprias ou visões do que representa ser uma *SmartCity*. Fez-se uma análise desses artigos para destacar o conteúdo mais relevante para o estudo e seus principais autores. Analisou-se através do modelo de comparação BenchMark, os níveis de desenvolvimento do conceito *SmartCity* das cidades de Santander, Rio de Janeiro, Curitiba. Assim podendo comparar a atual cidade de Belém à uma Belém idealizada, com aplicação das soluções *Smarts* propostas nesse trabalho.

Durante a montagem do texto, percebeu-se a necessidade de se contextualizar o ambiente das *SmartCities*. Isso foi feito por meio de um levantamento dos antecedentes de cidades *SmartCity*. Para ambas, as principais fontes de pesquisa foram *sites* na Internet, cuja veracidade pudesse ser comprovada por serem informações de órgãos oficiais, por ter sido escrito por autoridades da área.

O critério para seleção das cidades exemplificadas foi a presença de projetos característicos de

SmartCities já em andamento ou em fase avançada de planejamento.

Ilustra-se um fluxograma da metodologia utilizada para a elaboração deste trabalho:



Fonte: Autor.

3.1. Pesquisa de campo na cidade de Belém

O objeto de estudo é a cidade de Belém através de uma pesquisa de campo. A coleta de dados ocorreu com uma pesquisa na Internet em *sites* da prefeitura e outros órgãos do governo, além de reportagens de jornais. A seleção dos dados originou-se dos resultados da pesquisa e a análise e interpretação foram guiadas por uma visão crítica sobre as consequências que as políticas *Smart* de fato estão tendo, isto é, se há impactos relevantes. Além disso, o relatório produzido termina com uma prospecção sugestiva relativa aos potenciais da cidade para a implantação de novos projetos que podem fazer Belém se aproximar do status de uma *SmartCity*.

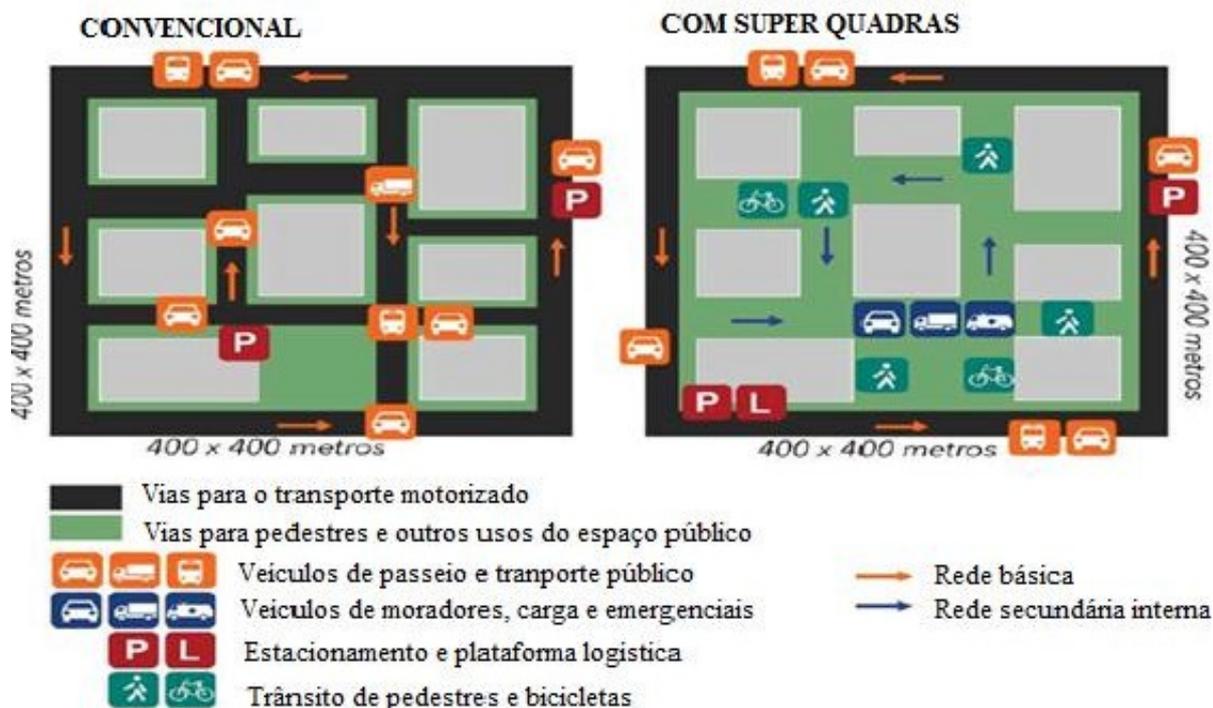
4. Possíveis aplicações na cidade de Belém

A mobilidade é um dos problemas mais críticos de Belém, afetando desde o bem-estar e a saúde dos cidadãos até a economia da urbe. As causas desta anomalia urbana são muitas, entre elas estão a precariedade do transporte público, a falta de segurança e a cultura do automóvel particular. Para auxiliar o processo de mudança dessa situação aproveitando os princípios de construção da *SmartCity*, pode-se ampliar as formas de utilização e de alimentação dos modelos de controle de trânsito já implantados. Isto significa identificar novos dados que podem ser agregados à base existente e usá-los para extrair novas conclusões e previsões que ainda não sejam possíveis.

4.1. Super Quadra no bairro da Campina

A criação de Super Quadras incentiva menor uso de veículos em espaços de circulação de pedestres e contribui para a saúde pessoal, ambiental. As circulações externas a cada uma das Super Quadras são vias de grande alcance, funcionando muito bem quando se trata de longas distâncias. A ideia Super Quadras (Figura 3), foi tirada do plano diretor das *SmartCities* da Espanha, onde se busca não só a redução do engarrafamento e de poluintes para o meio ambiente como também uma melhor mobilidade para pessoas que tenham que se locomover em pequenos espaços.

Figura 3 - Sistema de mobilidade de Super Quadras



Fonte: <https://blogs.iadb.org/ciudadessostenibles/2015/01/07/supermanzanas> Acesso: Jun, 2017(editado)

Separando alguns ambientes dos automóveis temos uma qualidade de vida melhor para as pessoas que ali necessitam trafegar, trabalhar ou até mesmo para descansar. O fato de automóveis, não poderem circular em um determinado perímetro, traz para quem utiliza aquelas quadras uma segurança ao se locomoverem. Com estacionamentos projetados para suprir as necessidades das vias, trariam aos motoristas um menor tempo de deslocamento.

Figura 4 - Sinalização de Super Quadras na Espanha

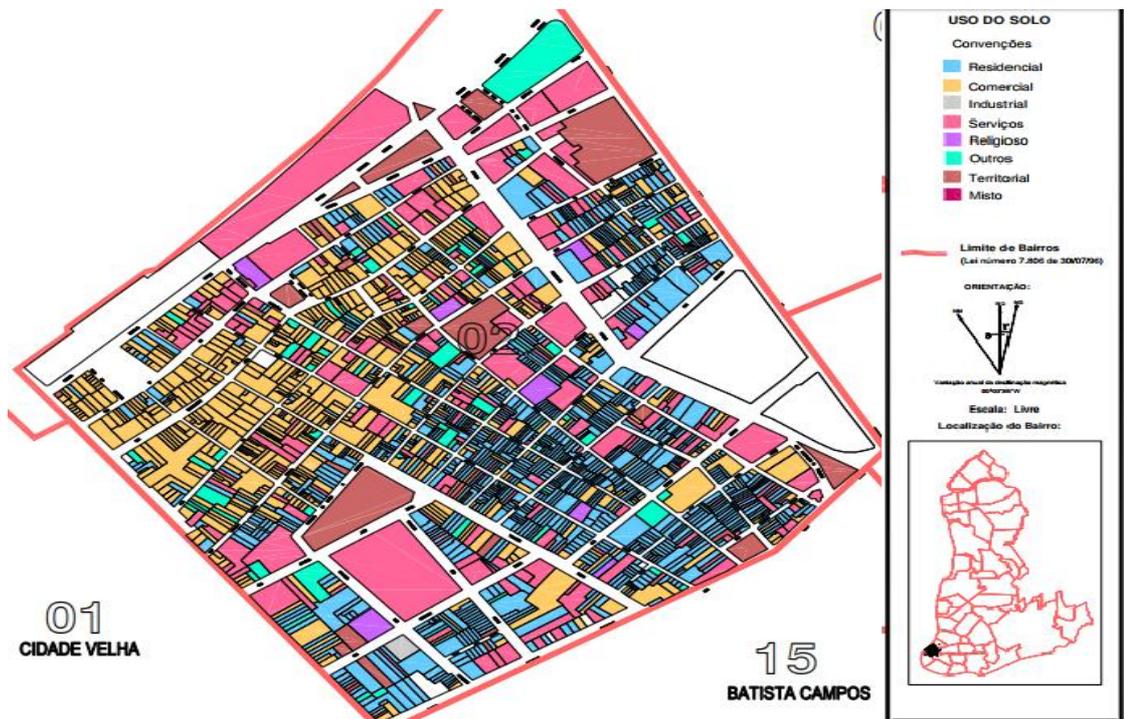


Fonte: <http://www.pessoasetecnologia.com.br/viagens/?p=12245> Acesso: Nov. 2017.

Em Belém um dos maiores problemas é o engarrafamento e utilização errônea do espaço viário. No bairro da Campina, por exemplo, transtornos como engarrafamento e a saturação de veículos, afetam significativamente as pessoas. Com o desenvolvimento da ideia das Super Quadras, a mobilidade dos pedestres facilitaria uma melhor organização do comércio, principal uso do bairro, assim melhorando o cumprimento de prazos e o aumento da produtividade do operador logístico, além de aumentar a segurança em relação de veículos e pessoas. Diminuindo, a poluição visual, sonora e do meio ambiente, uma vez que só seria permitida a circulação de carros de limpeza e serviços similares.

Em conjunto com a reurbanização da área e de seu patrimônio histórico (Figura 5), a reutilização do bonde para transporte de pessoas e mercadorias que faz parte do antigo projeto *Via dos Mercadores*, traria uma nova visão do bairro atraindo a implantação de novos bares e restaurantes, assim como, de turistas. Uma possível limitação para a implantação deste conceito, seria a ocupação indevida dos espaços e passeios por mercadores ambulantes e moradores de rua. Ou seja, para se aplicar a ideia é necessário a atuação do poder público, visando a delimitação desses espaços apenas para o transitar de pessoas.

Figura 5 - Uso e ocupação do solo no bairro da Campina



Fonte: Codem 2015.

Nas Figuras 6 e 7 pode-se observar a dificuldade de se ter em uma via comercial de pequena dimensão, a circulação de automóveis e pedestres ao mesmo tempo, juntamente com carga e descarga de mercadorias.

Figura 6 - Rua 13 de Maio no bairro da Campina



Fonte: Autor

Figura 7 - Rua 13 de Maio no bairro da Campina



Fonte: Autor

Esta situação foi contornada com êxito na cidade de Santander (Figura 8), onde só há circulação de pedestres, veículos de emergência ou carga e descarga de insumos em horários delimitados. O que ocasiona melhor produtividade e qualidade de vida para todos os envolvidos.

Figura 8 - Calle General Mola (Santander)



Fonte: Autor.

Ao se tentar aplicar a ideia de Super Quadra no bairro da Campina verifica-se na Figura 9 as ruas Avenida Boulevard Castilho França, Avenida Portugal, Rua Senador Manuel Barata e

4.2. Aplicativo para transporte coletivo

Visando um ponto de ônibus ideal para uma *SmartCity*, deve se implantar um ponto de ônibus universal que atenda a todo o público que seja informativo, funcional e acessível e devendo contar com: Cobertura para proteção do usuário; Informações e placas táteis para os usuários com deficiente visual e auditiva; Placas com informações referente ao ponto, itinerário, ônibus, linhas e frequência em local visível; Código QR para informar linhas, paradas, horários e itinerários existentes na cidade. Com o advento tecnológico há a possibilidade de criação de um aplicativo de mobilidade para a região metropolitana de Belém. O aplicativo seria uma excelente forma de informação e avaliação para o usuário e este poderia também relatar problemas com paradas, horários e afins, para dessa forma ser feito o ajuste o mais rápido possível.

Para este trabalho foi pesquisado e elaborado um conceito para execução e aplicação do *App* para mobilidade, denominado sugestivamente por *Belém SmartCity*. A proposta se inicia para utilização exclusiva da mobilidade no transporte público, mas após a aplicação e se obtendo sucesso, podem ser lançados e instalados módulos adicionais com outros conceitos e informações que saem do plano exclusivo dos ônibus.

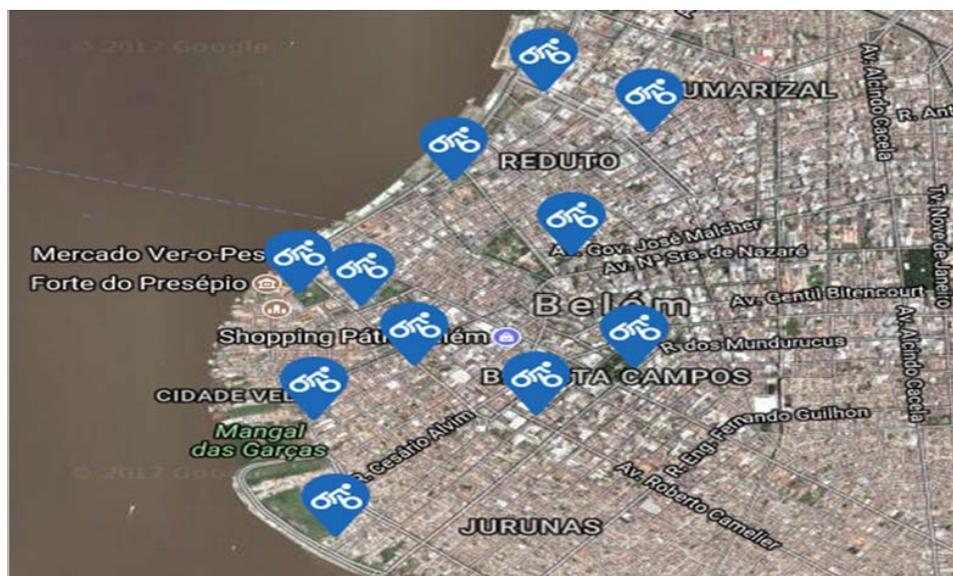
O *App Belém SmartCity* contará com tela inicial e um ícone minimalista e direto, iniciado o aplicativo o usuário deverá fazer login no aplicativo. Na tela inicial, após o acesso, o usuário contara com o mapa de Belém, sua localização, e pontos próximos. Selecionando o ponto de sua escolha o usuário terá as informações das linhas, horários e frequência dos ônibus. Além de tempo estimado de chegada do próximo ônibus de sua preferência, selecionando a linha de ônibus de preferência o passageiro irá visualizar sua rota e confirmar se interessa ao seu destino. Haverá também a possibilidade de se colocar o destino e dessa forma calcular o tempo estimado de viagem em cada linha possível. Além dessas opções o usuário também poderá entrar em contato com um canal de feedback, no menu de ajuda, para informar as autoridades responsáveis a respeito de qualquer problema na utilização do transporte público ou do aplicativo.

No início de 2018 Belém passou a contar com um aplicativo de transporte coletivo que já operava em outras regiões, porém, pouco confiável. Apesar dessa novidade o aplicativo *Belém SmartCity* ainda pode ser aplicado, contando com o exemplo do aplicativo já existente e integrando novos módulos do conceito *SmartCity*, como a divulgação de informações a respeito do trânsito na cidade e de pontos de alagamento, por exemplo.

4.3. Melhoria no uso compartilhado de bicicletas

O sistema de uso compartilhado de bicicletas foi implementado visando aumentar e facilitar a mobilidade dos habitantes e turistas entre pontos importantes da cidade. Os pontos escolhidos apresentam importância turística e econômica. O *Bike Belém* é um sistema composto por Estações Inteligentes, distribuídas em diferentes pontos da cidade. Por meio dessas estações, a pessoa pode retirar bicicletas através do aplicativo baixado em seu *smartphone* e devolvê-las em qualquer outra Estação, após uso.

Figura 12 - Distribuição das estações



Fonte: <https://bikebelem.temibili.com.br/> Acesso: out, 2017

Este é um projeto da Prefeitura de Belém, as estações são alimentadas por energia solar e conectadas a uma central via wireless, o que permite fazer o monitoramento em tempo real das Bicicletas e Estações. A pessoa também pode acompanhar esse status e ficar sabendo exatamente onde tem Estações/Bicicletas e vagas disponíveis, por meio do site ou aplicativo do Projeto.

Figura 11 - Estação de retirada e tipo de bicicleta utilizada no programa



Fonte: <https://bikebelem.tembici.com.br/> Acesso: out, 2017

A iniciativa do projeto mostra a aproximação do sistema de mobilidade com vertentes do conceito *SmartCities* onde aplicativos são utilizados para melhorar a interação usuário- sistema de transporte. Agora para a melhoria do sistema e um melhor modo de integração seria a criação de rotas de ciclofaixas e ciclovias entre os pontos de utilização. Outra possível melhoria é a ampliação do projeto para outras áreas da cidade, áreas onde o uso de bicicletas é mais frequente, como os bairros do Jurunas, Terra-Firme, Cremação e Pedreira. Além de se disponibilizar peças reservas as bicicletas e um espaço no aplicativo para os usuários informarem algum problema.

4.4. Análise benchmark

Para responder à pergunta de pesquisa deste trabalho fez-se uma comparação entre as cidades mostradas ao decorrer do mesmo de acordo com algumas ideias sobre como se teria uma cidade ideal no conceito *SmartCity* voltadas para a área do transporte urbano e que são apresentadas no Figura 12.

Figura 12 - Quadro comparativo BenchMark

	SANTANDER	RIO DE JANEIRO	CURITIBA	BELÉM ATUAL	BELÉM PROPOSTA	SMART CITY IDEAL
SUPERQUADRAS	POSSUI BEM DEFINIDAS, BEM INSTALADAS E COM ESTACIONAMENTOS PRÓXIMOS	NÃO POSSUI	NÃO POSSUI	NÃO POSSUI	POSSUI NA ÁREA DO COMÉRCIO	COM MAIS DE UMA NA CIDADE E COM ESTACIONAMENTOS PRÓXIMOS
INFRAESTRUTURA DA PARADA DE ÔNIBUS	COM INFORMAÇÃO DE TODAS AS PARADAS, TEMPO APROXIMADO DE CHEGADA E COM BOAS ACOMODAÇÕES	POSSUI ACOMODAÇÕES PORÉM NEM TODAS TEM INFORMAÇÕES AO USUÁRIO	CONSIDERADA CIDADE MODELO NO BRASIL DESDE A DÉCADA DE 90 INOVA COM AS ESTAÇÕES TUBO. HOJE EM DIA NOVO MODELO MAIS MODERNO E COM MELHORIAS ESTÁ SENDO EXECUTADO	PARADAS PRECÁRIAS NA GRANDE MAIORIA	MELHORA NAS ACOMODAÇÕES E COM INFORMAÇÃO AOS USUÁRIOS	TODAS AS PARADAS COM ACOMODAÇÕES PARA OS USUÁRIOS E COM INFORMAÇÃO DE TODOS AS LINHAS E CO HORÁRIOS FIXADOS
APLICATIVO PARA TRANSPORTE COLETIVO	POSSUI DOIS APLICATIVOS COM ROTAS E HORÁRIOS E POSSIBILIDADE DE ITINERÁRIO PESSOAL	APLICATIVOS COM INFORMAÇÃO E COM POSSIBILIDADE DE ITINERÁRIO PESSOAL	APLICATIVOS COM INFORMAÇÃO E COM POSSIBILIDADE DE ITINERÁRIO PESSOAL	NÃO POSSUI	APLICATIVO COM INFORMAÇÃO E COM POSSIBILIDADE DE ITINERÁRIO PESSOAL	FÁCIL USO PARA OS USUÁRIOS COM INFORMAÇÕES E POSSIBILIDADE DE ITINERÁRIO PESSOAL
COMPARTILHAMENTO DE BICICLETA	POSSUI COM INTEGRAÇÃO ENTRE A AS PARADAS E AS CICLOFAIXAS	POSSUI COM SITE E APP PARA CONSULTA DE PREÇOS, DISPONIBILIDADE E LOCAIS. GRANDE QUANTIDADE DE PARADAS. MAS NÃO ATENDE A CIDADE TODA	POSSUI, PORÉM TEM APENAS UMA ESTAÇÃO COM DOIS TIPOS DE BICICLETAS	POSSUI, PORÉM É POUCO INTEGRADO E CONCENTRADO EM UMA REGIÃO	TERIA UMA MELHORA NO SISTEMA COM A INTEGRALIZAÇÃO DOS PONTOS COM AS CICLOFAIXAS	POSSUI INTEGRAÇÃO ENTRE AS PARADAS E AS CICLOFAIXAS AÉM DE ATENDER TODA A CIDADE
VIGILÂNCIA ELETRÔNICA	POSSUI COM ABERTURA AO ACESSO AO PÚBLICO	POSSUI, PORÉM É RESTRITO AO PODER ADMINISTRATIVO E É COMPARTILHADO COM APLICATIVOS DE TRÂNSITO	POSSUI, PORÉM É RESTRITO AO PODER ADMINISTRATIVO PARA MONITORAMENTO DO TRÂNSITO DA CIDADE	POSSUI, PORÉM É RESTRITO AO PODER ADMINISTRATIVO	SERIA ABERTO AO PÚBLICO, PARA UM MELHOR USO DAS VIAS DA CIDADE	DAR TOTAL ACESSO AOS CIDADÃOS
ANÁLISE DO NÍVEL SMART CITY DA CIDADE	UMA CIDADE ALTAMENTE INTELIGENTE, ONDE OS CIDADÃOS CONSEGUEM OBTER INFORMAÇÕES E SE DESLOCAR NA CIDADE COM MUITA FACILIDADE	UMA CIDADE NO INÍCIO DO DESENVOLVIMENTO INTEIGENTE	UMA CIDADE COM UM DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO PORÉM SEM INTEGRAÇÃO PARA SE TORNAR UMA SMARTCITY	UMA CIDADE QUE DEIXA A DESEJAR EM VÁRIOS PONTOS, PRECISANDO MELHORAR A INFRAESTRUTURA PRIMARIA	UMA CIDADE JÁ COM UM INFRAESTRUTURA PRONTA PARA ATENDER OS PRIMEIROS PASSOS DO DESENVOLVIMENTO INTELIGENTE	A CIDADE COM O MAIOR NÍVEL SMART CITY NO QUESITO DE TRANSPORTE URBANO

5. Conclusão

O transporte urbano é uma das vertentes mais importantes do conceito *SmartCity*. As cidades exemplificadas corroboraram tais pontos chave do conceito inicial e intensificaram a ideia de foco no usuário, tanto pela qualidade da experiência ao usar a tecnologia como por ele ser o maior beneficiado das iniciativas *Smart*.

As modificações da infraestrutura da cidade física devem dividir a atenção para os avanços tecnológicos da gestão também. O acesso à tecnologia não deve ser encarado como um luxo para países mais ricos ou para setores de melhor condição social. Desde os novos modelos de mercado à maior abertura para a atuação popular, a Internet foi uma revolução que deu voz às pessoas, um poder sem precedentes.

Deve-se entender, que somente a aplicação de uma tecnologia por si só não faz de uma cidade uma *SmartCity*. Necessita-se de integração entre os meios relacionados, a ideia global do conceito é tornar toda a cidade em uma própria plataforma de dados que os transmita de todos os setores em tempo real para o cidadão/usuário.

A partir da análise BenchMark realizada pode-se concluir que atualmente a cidade de Belém não se encontra no mesmo nível de implantação dos conceitos *SmartCity* em comparação com as cidades do Rio de Janeiro, Curitiba e principalmente Santander. Uma possível projeção da implantação desse conceito apresentados no trabalho mostra que a cidade belenense teria condições de se tornar no aspecto de transporte urbano uma provável *SmartCity*, levando-se em consideração que os projetos já existentes e os propostos nesse trabalho, sejam executados de forma correta e com a devida manutenção.

Além dos temas mencionados como a Super Quadra, o Aplicativo para transporte público e a melhoria do *Bike Belém*, deve-se resaltar que o uso da Super Quadra é restrito para os pedestres e comerciantes da área, não deixando vendedores ambulantes interditar o local; incentivar o uso das TIC em toda a cidade; a melhorar a infraestrutura das paradas de ônibus; ampla divulgação das informações do trânsito através das câmeras da Centro Integrado de Operações(Belém), entre várias outras alternativas que tornariam a metrópole desenvolvida no conceito *SmartCity* voltado para o transporte urbano.

Contudo vale ressaltar, que a aplicação dos conceitos apenas não tornará a cidade de Belém uma *SmartCity*. Para tal necessita-se de uma boa infraestrutura urbana convencional, como por exemplo, uma segurança pública de qualidade e uma educação cívica para toda a população. Esses são os primeiros passos para torna-se uma cidade inteligente.

REFERÊNCIAS

CODEM. Companhia de Desenvolvimento e Administração Área de Metropolitana de Belém. Acervo: 2015.

CRUZ, E. Gazeta do povo – Haus – Estilo & Cultura, 2015 Disponível: <http://www.gazetadopovo.com.br/haus/estilo-cultura/para-nao-perder-o-onibus-da-historia/> Acesso: Jan,2018.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível:<<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=150140>> Acesso: Abr.2017.

MORVAJ, G.;Lugaric, L.;Krajcar, S., Demonstrating Smart Buildings and Smart Grid features in a Smart Energy City. In: Proceedings of 3rd Youth Conference on Energetics (IYCE),pp.1-8, 2011.

PREFEITURA DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO, Centro de Operações Prefeitura do Rio. Disponível:<<http://www.rio.rj.gov.br/web/corio>>Acesso: 10 Out.2017.

SMARTSANTANDER, Disponível:<<http://www.smartsantander.eu>>.Acesso: jun,2017.

SU, K.;Li, J.;Fu, H., Smarty City and the Applications. In: Proceedings of 2011 International Conference on Electronics, Communications and Control (ICECC),pp.1028-1031,2011.

TAYLOR, S., Game Changer: How Rio Scored Big With Move to Become Smart City, People 4 Smarter Cities, s.d. Disponível:<<http://people4smartercities.com/series/game-changer-how-rio-scored-big-move-become-smart-city>>.Acesso: 10 Out.2017.

TOWNSEND, A., et. al., A Planet of Civic Laboratories: the Future of Cities, Information, and Inclusion, Institute for the Future, s.d,2010.

UNIVERSITY OF CANTABRIA, The City of Santander,s.d. Disponível: <<https://www.unican.es/en/living/Santander.htm>>.Acesso em: 23 set.2017.

URBANIZAÇÃO DE CURITIBA. Monitoramento – CCO. Disponível: <<https://www.urbs.curitiba.pr.gov.br/transporte/monitoramento-cco>>.Acesso: Jan.2018

Capítulo 12

ESTUDO COMPARATIVO ENTRE O LEAN MANUFACTURING VERSUS A PRODUÇÃO MAIS LIMPA

Ricardo Pereira
Mehran Misaghi
Ana Lucia Berreta Hurtado

ESTUDO COMPARATIVO ENTRE O *LEAN MANUFACTURING* VERSUS A PRODUÇÃO MAIS LIMPA

Ricardo Pereira
Mehran Misaghi
Ana Lucia Berreta Hurtado

Resumo

Redução de custos, aproveitar o máximo possível dos recursos, sejam eles matéria-prima, máquinas e mão-de-obra, são um grande desafio das organizações e seus gestores, o que ocasionalmente no dia-a-dia nem sempre têm seu aproveitamento por total. Além desses existem os esforços para a busca de processos e produtos cada vez mais ecologicamente corretos. Chegar ao senso comum e entregar um produto com qualidade, no tempo certo e que gere o mínimo de resíduos e impacto ao meio ambiente é o desafio nos momentos atuais. O artigo vem mostrar dois sistemas, *lean manufacturing* e suas ferramentas para auxiliar na redução de desperdícios, e Produção mais limpa, que busca otimizar recursos em prol do menor impacto a ser gerado. Além desses tem como objetivo mostrar os benefícios por eles gerados quando aplicado de forma correta. O artigo foi desenvolvido através de pesquisas qualitativas, com buscas realizadas estudos de casos e artigos, através de pesquisa exploratória e bibliográfica. O *Lean Manufacturing* tem como objetivos evidenciar e eliminar todos os desperdícios sejam eles na área produtiva como também na administrativa, a Produção mais limpa tem como objetivo identificar a geração de impactos e evidenciar-los na busca da eliminação da geração. Como resultados, se observa similaridade entre ambas as metodologias, porém com focos diferentes, uma mais estruturada com metodologias e ferramentas de análises e implementação definidas, já outra com passo-a-passo de implementação, porém algo superficial.

Palavras-chave: *Lean Manufacturing*, produção mais limpa, eliminação de desperdícios.

1. Introdução

Quando se obtêm altos volumes de produção, pedidos em abundância, pouco se preocupa com

os desperdícios que estão ocorrendo ao longo do processo produtivo. Nesse cenário, a procura está maior que a oferta e então se pode praticar preços com margens de lucros maiores, e os pequenos problemas são absorvidos e desaparecem perante o grande volume produtivo, porém não deixam de serem custos (DENNIS, 2008; WOMACK; JONES; ROOS, 2004).

Entretanto, esses desperdícios ou pequenos problemas começam a ficar evidentes quando o mercado está em recessão e a concorrência mais acirrada. Notam-se os inúmeros problemas, mesmo que pequenos, sejam eles de informação, movimento, estoque, capacidade ociosa, processamento, espera, defeitos, que existiam anteriormente, porém devido ao grande volume e lucro não eram solucionados e aumentavam o custo final do produto (OHNO, 1997; DENNIS, 2008; LIKER, 2005).

Além dos aspectos mencionados, também é necessário pensar em um desenvolvimento sustentável e, para tal, é imprescindível adotar soluções inovadoras, com foco em desenvolver novos padrões de consumo, produção e exploração dos serviços ecossistêmicos. A busca por uma produção industrial sustentável leva ao uso mais eficiente dos recursos naturais, com menores impactos ao meio ambiente (LUIZ & JUNIOR 2014).

Empresas que não aplicam uma forma enxuta de produção e gestão para reduzir esses desperdícios, de modo a aumentar os lucros ou ganhar novos clientes com preços mais acessíveis, agora estão sofrendo com a recessão, pois não estão preparados para produzir sobre demanda real do cliente. Isso leva a uma produção sobre previsões, na qual a compra de matéria-prima, maquinários, entre outros, é feita de forma errada o que ocasiona custos elevados (OHNO, 1997; WOMACK; JONES; ROOS, 2004; LIKER, 2005).

As empresas precisam pensar na implementação de ideias voltadas para a gestão ambiental, buscando melhorias nos processos produtivos. Além disso, é muito importante envolver clientes e fornecedores no desenvolvimento de produtos e componentes menos poluentes (MILLER *et al.*, 2015).

Analisando o perfil atual das empresas notam-se desperdícios durante o processo produtivo, sejam eles em estoques, máquinas ou mão de obra parada, entre outros citados anteriormente. Além desses aspectos, observa-se o crescente problema voltado às questões ambientais e, desse modo, dentre as filosofias *Lean Manufacturing* (LM) e produção mais limpa (P+L) as quais preconizam a redução dos desperdícios, como seria a integração entre elas a ser aplicada em busca dos melhores resultados tanto no âmbito de custos quanto no âmbito ambiental?

Este estudo tem por propósito realizar uma comparação entre LM e P+L a integração das aplicações e dos benefícios de cada uma. De modo a alcançar o objetivo proposto foram

identificados informações e estudos sobre: a) estudar os objetivos do LM; b) levantar os objetivos da P+L; c) identificar nos estudos as principais palavras chave; d) comparar filosofias e forma de aplicação.

2. Referencial teórico

2.1. *Lean Manufacturing*

Womack e Jones (2004) e (Staats *et al.* 2011) definem *lean manufacturing*, traduzida para o português como manufatura enxuta (ME) como um processo de cinco passos: definir o valor do cliente, definir o fluxo de valor, fazê-lo “fluir”, “puxar” a partir do cliente e lutar pela excelência. “O pensamento enxuto é uma forma de especificar valor, alinhar na melhor sequência de ações que criam valor, realizar essas atividades sem interrupção toda vez que alguém as solicita e realizá-la de forma cada vez mais eficaz” (WOMACK; JONES, 2004, p. 4). Liker (2005) e (Browning & Heath 2009) descrevem que o Sistema Toyota de Produção (STP) é um sistema baseado em uma estrutura e não somente em um conjunto de técnicas e ferramentas. Essa estrutura foi representada na forma de uma casa, identificada na figura 1.

Figura 1 - Estrutura do Sistema Toyota de Produção



Fonte: Adaptado de Liker (2005)

Iniciando pelo telhado, existem as metas de maior qualidade, custo menor e o prazo de entrega reduzido (*lead time*). As colunas representam o *Just in Time* (JIT), possivelmente a característica mais marcante do sistema, principal pilar do STP. O JIT é muito mais do que uma técnica ou ferramenta de administração da produção, é considerado uma completa filosofia que inclui aspectos de administração de materiais, gestão da qualidade, arranjo físico, projeto de produto, organização do trabalho, gestão de recursos humanos, entre outros (CORRÊA; CORRÊA, 2012); (FERREIRA, 2004); (SANTOS, 2014); (SHINGO, 2000); (HICKS, MCGOVERN, PRIOR, & SMITH, 2015).

O *Jidoka*, também conhecido por automação (automação com um toque humano), que significa nunca deixar um defeito passar para a próxima estação, garantindo a qualidade na fonte, dando a capacidade às máquinas identificarem anomalias no processo e dessa forma interrompê-lo, evitando a produção de peças defeituosas. Com isso o *Jidoka* possibilita liberar as pessoas das máquinas (YAMACHIKA, 2010).

No centro do sistema existem as pessoas, quem executam as atividades, sendo fundamental a estabilidade do clima dos colaboradores e que a filosofia da ME seja bem disseminada, compreendida e aceita por todos para que o resultado seja positivo. A cultura da melhoria contínua (*Kaizen*) relaciona às pessoas é a alma do negócio para a evolução da empresa, melhorando gradualmente e constantemente, envolvendo tudo e todos (LIKER, 2005; IMAI, 1994; FERREIRA, 2004; CHIEVENATO; 2004).

Para Machado *et al.* (2013), o segredo para a implantação da ME é a transparência, pois dependemos das pessoas. O trabalho em equipe e pessoas comprometidas, que compreendam esta nova cultura, é fundamental para a utilização desta filosofia na empresa.

Por último, na base, funcionando como alicerce, existem diversos processos os quais são fundamentais para manter a estabilidade e sustentabilidade do sistema. O *Heijunka* significa o nivelamento da produção, tanto em volume como em variedade, o qual é importante tanto para manter a estabilidade do sistema quanto manter o mínimo de estoques (YAMACHIKA, 2010). Outras importantes ferramentas formam a base do sistema, como o trabalho padronizado, uma vez que a padronização é aplicada na manufatura a fim de garantir a estabilidade nos processos, fazendo com que as atividades ocorram sempre na melhor sequência e utilizando do melhor método possível, evitando ao máximo os desperdícios, conseguindo elevada qualidade e alta produtividade. É a base para a melhoria contínua, eliminando ainda mais desperdícios e encurtando cada vez mais o *lead time* (NISHIDA, 2007; LIKER, 2005; BERKMANN; LORENZONI, 2010; OHNO, 1997).

Por último tem-se o 5S, que consiste numa filosofia de trabalho visando a utilização do necessário, mantendo-se a ordem da empresa como um todo, pela limpeza e organização, identificando fatores que possam prejudicar a saúde, zelando pela manutenção do processo com autodisciplina e conduta adequada (LIKER, 2005); (CARPINETTI, 2012); (RODRIGUES, 2006); (MARQUES, 1995); (DEL, LA, PÉREZ-RAVEE, CORTÉZ-ZAPATA, & RESTREPO-RICO, 2015).

A Casa Toyota só é forte se o telhado, os pilares e as fundações forem fortes, pois, uma conexão fraca fragiliza todo o sistema. Cada elemento da casa é essencial por si só, mas mais importante é o modo como cada um dos elementos se inter-relacionam, fortalecendo uns aos outros, dando estabilidade e força ao STP (BARBOSA, 2012).

O STP não é apenas um conjunto de metodologias. Ele é um sistema sofisticado que contribui para o sucesso do todo, procurando estimular as pessoas a melhorarem os processos nos quais trabalham. (LIKER, 2005).

O principal objetivo do STP é a redução do tempo entre o pedido do cliente e o momento da entrega do produto ou serviço para ele. Esta redução é obtida com o controle e eliminação dos desperdícios da produção, buscando melhores produtos com os menores custos (LUSTOSA *et al.*, 2008; MACEDO & POSSAMAI, 2013).

A Toyota focou-se na redução dos desperdícios de produção, na redução do tempo de atravessamento (*lead time*) e na flexibilidade do processo produtivo para manter-se viva no mercado, e acabou por desenvolver uma nova filosofia de produção (MARTIN *et al.* 2014).

Analisando de maneira mais ampla, o STP é muito mais que somente reduzir o *lead time* e eliminar os desperdícios, é uma filosofia de produção, uma maneira enxuta de pensar e agir que deve ser aplicada a toda a empresa. O foco inicial continua nos processos produtivos, mas os princípios da filosofia são amplos e aplicam-se tanto na engenharia e administração, quanto aos serviços (LUSTOSA *et al.*, 2008; ATKINSON & MUKAETOVA-LADINSKA, 2012).

Não é apenas uma técnica, é uma filosofia que representa a otimização dos recursos, melhoria da qualidade, aumento da produtividade e, conseqüentemente, menores custos de produção (WOMACK; JONES; ROOS, 2004; LA GANGA, 2011).

A produção enxuta classifica os desperdícios em oito tipos, e sua total ou parcial eliminação pode gerar grandes ganhos para a organização. São eles: desperdício de processamento, espera, transporte, movimentação, defeitos, estoque, conhecimento sem ligação e superprodução (DENNIS, 2008; HINES; TAYLOR, 2000; MARQUES, 1995; ESMEMR, CETI, & TUNA, 2010).

O desperdício por processamento representa para a empresa a produção além do necessário, talvez para cumprir alguma meta, gerando estoque em excesso e maior utilização de embalagens. (DENNIS, 2008; MARQUES, 1995; BARBOSA, 2012).

Têm-se o desperdício por espera, que ocorre quando há operadores ou máquinas paradas, esperando por algum produto ou serviço. Essa espera implica diretamente no tempo em que o produto será enviado para o cliente, sendo assim aumentará o *lead-time* (DENNIS, 2008; MARQUES; MELLO, 2013; LIKER, 2004).

Os desperdícios por transporte equivalem à perda de tempo para carregar grandes lotes. Trabalhar em vazio e leiaute irregular também propiciam transportes desnecessários (ANTUNES *et al.*, 2008; DENNIS, 2008; SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2009).

Ocorrem também desperdícios por movimento, o qual é desenvolvido por pessoas e máquinas e sua eliminação pode trazer muitos ganhos para a empresa. Projetos ergonômicos inadequados fazem com que a produtividade seja afetada, além de contribuir para possíveis acidentes, e movimentos desnecessários em máquinas contribuem para altos tempos de ciclos, conseqüentemente necessária a compra de novos equipamentos (CORRÊA; CORRÊA, 2012; DENNIS, 2008; SUZAKI, 2010).

Já os desperdícios por defeitos são para a empresa produtos produzidos que deverão sofrer retrabalhos (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2009; SUZAKI, 2010).

Outro desperdício comum nas empresas é o estoque, que por sua vez representa dinheiro parado, e que ocorre em empresas que não produzem no ritmo do mercado (DEMETER & MATYUSZ 2011).

O sétimo desperdício verifica o conhecimento sem ligação, que trata da falta de comunicação internamente e externamente, fazendo com que o fluxo de informações seja bloqueado e, assim, ideias, criatividade e oportunidades são perdidas (FERREIRA, 2004; MARQUES, 2005).

O oitavo e último, e um dos mais importantes, é o desperdício por superprodução, pois o mesmo influencia a geração de todos os outros sete desperdícios. Explica Dennis apud Ohno (2008, p. 42): “Taiichi Ohno via a produção em excesso como a origem de todo o mal na área da manufatura. A produção em excesso significa produzir coisas que não serão vendidas”.

Na sua produção em excesso, contraem-se vários desperdícios como, construção e manutenção de grandes depósitos, mais trabalhadores e máquinas, mais peças e materiais, mais energia, combustível, mais embalagens, pallets, empilhadeiras, e devido a esses excessos, os problemas acabam ficando escondidos por traz dessas “montanhas” de seguranças. (DENNIS, 2008; LIKER, 2005; SUZAKI, 2010; OHNO, 1997).

Esses desperdícios geram estoques excessivos, mão-de-obra e máquina paradas, capacidade produtiva ociosa, entre outros. Dessa maneira, as ferramentas do sistema enxuto de produção ajudam a identificar e resolver esses desperdícios (ANAND e MOODY, 2003; LIKER, 2005; SUZAKI, 2010).

Empresas que implantam esse processo inovador apresentam uma gestão visual muito mais agradável e um sistema que procura aproveitar ao máximo a mão de obra e recursos, apresentando um leiaute mais organizado, divididos por células e famílias de produtos e os operadores trabalham com uma quantidade padrão de estoque, o que requer menor movimentação (ANAND e MOODY, 2003).

O foco principal do STP é o envolvimento humano, buscando a participação deste como um membro da equipe, totalmente flexível e motivado, constantemente a procura de uma melhor forma de executar as tarefas. Aqui se têm os componentes que fazem a produção enxuta ganhar vida em face ao seu simples modelo de sistema produtivo. (Dennis, 2008).

2.2. Produção mais limpa (P+L)

Desenvolvida pela *United Nations Industrial Development Organization* (UNIDO) e pela *United Nation Environmental Program* (UNEP) para nações em desenvolvimento, e no Brasil pela Rede Brasileira de P+L, a filosofia P+L visa uma estratégia ambiental preventiva e integrada (DOMINGOS *et al.*, 2012; SOUSA, HERRERA, TAROCO, BELOTTI, & MIYABARA, 2012; OMETTO, OLIVEIRA, GUARDIA, COBRA, & OLIVEIRA, 2015).

No contexto atual, as empresas necessitam não somente pensar em melhorar seus produtos tornando-os mais baratos e com melhor qualidade, mas também otimizar processos em busca de melhores eficiências para reduzir o impacto ambiental dos mesmos sobre as atividades geradas na produção ou fora dela (Cesar, Santos, Bruno, & Ufal, 2012; Farias, Medeiros, Freitas, & Engenharia, 2012; Ometto *et al.*, 2015).

Nesse sentido, surge um conceito com foco estratégico na otimização de recursos, máquinas, matéria-prima e processos, em prol da prevenção da poluição, redução da geração de resíduos, reduzindo assim os riscos ambientais e trazendo benefícios econômicos para a empresa (Cesar *et al.*, 2012; Ines, Bohm, & Salle, 2013).

Para tal existem os pilares da sustentabilidade, esses buscam o desenvolvimento sustentável na indústria manufatureira, e oferecem um custo-benefício nos desempenhos econômico, ambiental e social. (Ines *et al.*, 2013). Conforme mostra a figura 02:

Figura 2 - Pilares da sustentabilidade.



Fonte: Ines *et al.*, 2013

Os princípios da P+L estão subdivididos em quatro: Eliminação dos resíduos, minimização da produção de resíduos, reciclagem dentro da empresa e reciclagem fora do processo produtivo. Esse conceito descreve um enfoque preventivo de gestão ambiental e uma nova mentalidade de redução dos impactos gerados (Farias *et al.*, 2012; Miller, Ganga, Costa, Devós & Costa, 2015). Um dos enfoques principais da P+L é a busca pela eliminação da geração dos resíduos. Nesse sentido, o processo seria 100% robusto no que tange a gestão ambiental, porém alcançar esse percentual é muito difícil, por isso se deve além da busca pela eliminação, trabalhar nos outros princípios (Pizzolato *et al.* 2012).

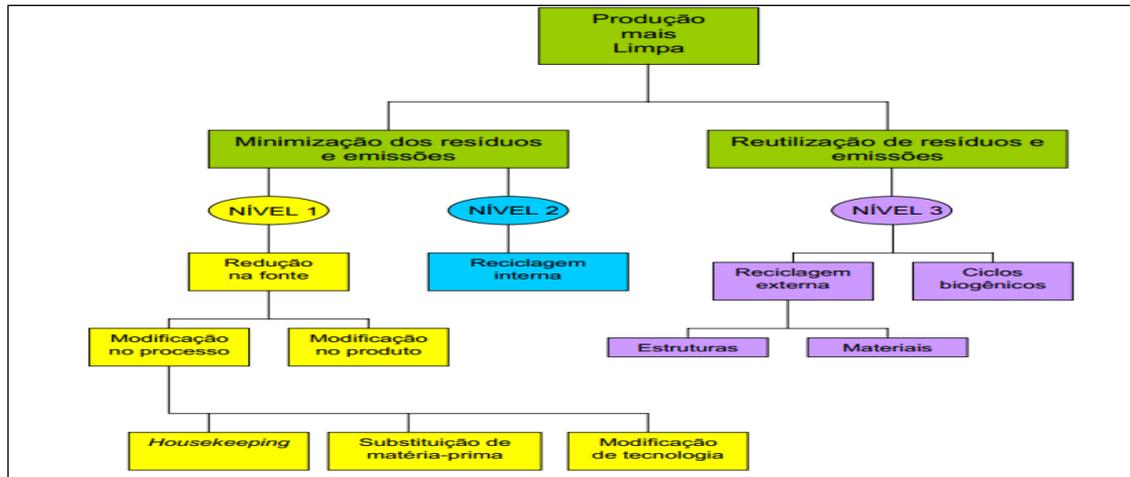
O segundo passo é a busca pela minimização da produção de resíduos, buscando alternativas para gerar o mínimo de resíduos e, se necessário, alterando o produto. “A mudança de produto é uma importante abordagem, entretanto só é recomendada quando as medidas mais simples tiverem sido esgotadas, mesmo que seja de difícil realização” (Araujo & Pimenta 2012).

Caso não seja possível a eliminação dos resíduos dos processos produtivos, utiliza-se o terceiro princípio, que é a reciclagem dentro da empresa, a qual tem por objetivo revalorizar o resíduo na forma de retorno de material reciclado (Santana & Silva 2014).

Se nos três primeiros passos não for possível sua inserção, o quarto e último deve ser considerado, que seria a reciclagem fora da empresa. Esta deve ser designada para uma empresa que fará o destino correto dos resíduos (Santana & Silva, 2014; Miller *et al.*, 2015).

A P+L sugere desde novos processos a modificações nos produtos, buscando alcançar os seus princípios, os quais são norteados por níveis que vão em direção da máxima eficiência na redução à máxima eficiência na reutilização, conforme mostra a figura 03:

Figura 3 - Estratégias da P+L.



Fonte: Pizzolato *et al.* 2012

Conforme a figura 3, pode-se perceber que o foco da P+ no topo (à esquerda): evitar a geração de resíduos e emissões (nível 1). O que não pode ser evitado deve ser reintegrado ao processo de produção da empresa (nível 2). Não sendo possível a execução dos níveis 01 e 02, se faz necessário medidas de reciclagem fora das empresas (nível 3) (Pizzolato *et al.*, 2012; Sousa, Herrera, Taroco, Belotti, & Miyabara, 2012; Araujo & Pimenta, 2012).

A P+L pode ser implementada em todo e qualquer processo produtivo ou de serviços, atuando na melhoria ambiental das organizações. Essa melhoria pode representar para as empresas desde a redução da poluição, redução ou inexistência de multas e penalidades por emissão de poluição, melhores condições de saúde e segurança do trabalhador, valorização da imagem da empresa junto a consumidores, fornecedores, poder público, órgãos ambientais e comunidade (Sousa *et al.*, 2012; Vicente & Filho, 2012; Dias, Ufrgs, Felipe, & Ufrgs, 2014).

A sua implementação requer o desenvolvimento de 5 fases, na qual cada uma desempenha papel importante no seu sucesso e continuidade (Ometto *et al.*, 2015; Severino, Marques, Severino, & Neiva, 2014; Maia, Alvarenga, Battistelle, & Araujo, 2013; Miller *et al.*, 2015; Huang, Luo, & Xia, 2013).

As cinco fases são:

- Planejamento e organização – definem-se os passos e o comprometimento da gerência; definição de time; objetivos, metas e identificação das barreiras;

- Pré-avaliação – Elaboração do fluxograma do processo; entradas e saídas e determinação dos focos da avaliação de P+L;
- Avaliação – Levantamento do balanço de material; verificação das causas; identificação das melhorias e oportunidades de P+L;
- Estudo da viabilidade – Avaliação preliminar para avaliação técnica; avaliação econômica; avaliação ambiental; e seleção das potenciais oportunidades;
- Implementação e monitoramento – Execução do plano de P+L; implementação de oportunidades de P+L; monitoramento e avaliação; e sustentação das atividades de P+L.

Esse passo a passo auxilia na implementação e continuidade da aplicação do P+L dentro de processos que requerem a eliminação, minimização ou reciclagem da emissão de resíduos.

3. Resultados e discussões

Após levantamento bibliográfico foi possível elaborar síntese do estudo para o alcance dos objetivos. O primeiro ponto foi levantar quais os princípios de cada filosofia para entender e delimitar o foco de cada atuação, conforme tabela abaixo:

Tabela 2 - Princípios LM e P+L.

Princípios do Lean Manufacturing	<ul style="list-style-type: none"> • Definir o valor para o cliente; • Definir o fluxo de valor; • Fazê-lo “fluir”; • Puxar a produção a partir do cliente; • Lutar pela excelência.
Princípios da Produção mais limpa	<ul style="list-style-type: none"> • Eliminação dos resíduos; • Minimizar a produção de resíduos; • Reciclagem dentro da empresa; • Reciclagem fora do processo produtivo.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016

Assim se consegue perceber que o LM possui um foco mais amplo, olhando de fora para dentro da empresa (Cliente-empresa), focando nos processos e fluxos. Já a P+L trabalha com foco mais específico, de dentro da empresa para fora (Empresa-cliente), ocupando-se dos produtos e resíduos.

Identificados os princípios, foram então levantadas as metas de cada foco de atuação, ou seja, onde pretende-se chegar aplicando o LM ou P+L. por meio dessa análise, chegou-se às seguintes metas, conforme tabela 3:

Tabela 3 - Metas LM e P+L.

Metas do Lean Manufacturing	<ul style="list-style-type: none"> • Melhor qualidade; • Menor custo; • Menor tempo de entrega.
Metas da Produção mais limpa	<ul style="list-style-type: none"> • Melhorar o desempenho econômico; • Melhorar o desempenho ambiental • Melhorar o desempenho social

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016

Dentre as metas levantadas se consegue observar que o direcionamento do LM está totalmente voltado a redução de custos dentro da empresa, trazendo assim vantagens competitivas para a empresa e os clientes. A P+L, por outro lado, além do econômico, também desenvolve as questões ambiental e social, buscando vantagens para empresa, cliente e sociedade onde atua, porém poderá haver custos adicionais para adquirir tal vantagem.

Observando os princípios e as metas, se conseguiu elaborar quais os principais problemas ou desperdícios atacados por ambas as metodologias, esses por sua vez são as formas ou tipos de dificuldades que consomem recursos e não agregam valor. A tabela 4 traz a descrição dos mesmos:

Tabela 4 - Desperdícios do LM e P+L.

Desperdícios do Lean Manufacturing	<ul style="list-style-type: none"> • Processamento desnecessário; • Espera; • Transporte; • Movimentação; • Defeitos; • Estoque; • Conhecimento sem ligação; • Superprodução.
Desperdícios da Produção mais Limpa	<ul style="list-style-type: none"> • Não utilização correta de recursos (máquinas, matéria-prima e processos); • Poluição; • Geração de resíduos; • Riscos ambientais

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016

Levantados os desperdícios se nota que o LM está mais organizado no que tange a definição dos problemas. Outro ponto interessante é que ambas as metodologias têm um alinhamento nesse ponto, no que se refere a recursos (máquinas, matéria-prima e processos), tanto o LM quanto a P+L buscam a otimização de recursos, uma em prol da redução de custo, outra para da melhora no desempenho econômico, ambiental e social.

Identificados os desperdícios, como esses aspectos são resolvidos em cada metodologia. Dessa forma, cada filosofia traz, alinhada com seus princípios e metas, as ferramentas para eliminar ou reduzir os problemas listados na Tabela 4. A tabela 5 descreve os mesmos:

Tabela 5 - Ferramentas do LM e P+L.

<p>Ferramentas do Lean Manufacturing</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Estabilidade processo: Trabalho padronizado, 5'S, TPM, Troca rápida de ferramenta, Mapeamento do Fluxo de Valor; • JIT: Kanban, Fluxo contínuo, Supermercado. • Jidoka: Poka-yoke, Gestão visual, atividade que agregam ou não valor; • Kaizen: Envolvimento humano, aplicação rápida das ações.
<p>Ferramentas da Produção mais limpa</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Evitar a geração de resíduos e emissões (nível 1). • O que não podem ser evitados devem ser reintegrados ao processo de produção da empresa (nível 2). • Não sendo possível a execução dos níveis 01 e 02, se faz necessário medidas de reciclagem fora das empresas (nível 3).

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016

Nesse ponto encontra-se a disparidade entre as duas metodologias (LM versus P+L). Pode-se observar que o LM tem muito bem definidas as ferramentas que ajudam na implementação e na manutenção da implementação em busca de seus princípios e metas, onde aplicá-las, qual a sequência e quando.

Em contrapartida, a P+L elenca apenas um passo-a-passo de verificação, indicando a melhor sequência, mas o como não fica definido, nessa forma ela se define muito mais para um conceito do que uma metodologia de aplicação.

Apresentados os princípios, metas, desperdícios e ferramentas, procedeu-se ao estudo dos 100 artigos publicados nas bases de dados, 50 deles voltados a P+L e 50 deles voltados ao LM, buscando entender o objeto principal do estudo através de suas palavras chave. Após o levantamento dos artigos foi possível identificar o foco de cada estudo.

Nota-se que os artigos voltados para o LM apresentam grande tendência para seu próprio foco (41%), suas metodologias (26%) e produção (16%), o que representa 82% dos alvos dos estudos. Apenas 2% das palavras chave focavam em sustentabilidade ou meio ambiente, não houve nenhuma relação do LM com a P+L, conforme mostra a tabela 6:

Tabela 6 - Palavras chave artigos do LM.

PALAVRAS CHAVE ARTIGO LEAN	
LEAN	41%
METODOLOGIAS	26%
PRODUÇÃO	16%
MELHORIA	6%
GESTÃO	5%
QUALIDADE	5%
SUSTENTABILIDADE	2%
PRODUÇÃO MAIS LIMPA	0%

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016

Na sequência, procedeu-se ao estudo dos artigos voltados para a P+L. Da mesma forma nota-se que os artigos apresentam grande tendência para seu próprio foco (48,6%), um grande foco também voltado para o meio Ambiental (33,3%) e a parte de gestão também é citada com (9,5%), e que representam 91,4% dos alvos dos estudos. Apenas 4,8% das palavras chave focavam em LM, produção e melhoria, houve apenas 1% de correlação com o LM nas palavras chave, abaixo tabela com resultados:

Tabela 7 - Palavras chave artigos de P+L

PALAVRAS CHAVE ARTIGO P+L	
PRODUÇÃO MAIS LIMPA	48,6%
FOCO AMBIENTAL	33,3%
GESTÃO	9,5%
SUSTENTABILIDADE	2,9%
PRODUÇÃO	1,9%
MELHORIA	1,9%
LEAN	1,0%
QUALIDADE	1,0%
METODOLOGIAS	0,0%

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016

Correlacionando ambas as tabelas, também se consegue observar a questão quanto ao uso de metodologias/ferramentas para a resolução dos problemas propostos nas pesquisas, nos artigos de LM, em 26% das palavras chave continham alguma ferramenta que foi utilizada para buscar o resultado, já nos artigos de P+L, nenhum buscou alguma ferramenta de auxílio, apenas 1% das palavras chave continha a correlação com o LM.

Fica claro que as metas e desperdícios de ambos estão muito correlacionados, porém quando aplicados, existe uma lacuna entre o foco de cada filosofia. Entretanto, com a união de ambos, seria possível alcançar melhores resultados, tanto no cunho econômico, quanto no ambiental e social, afinal, ambos deixam bem claro a importância na redução de desperdícios.

Nos estudos observou-se a fragilidade da P+L no que tange encontrar desperdícios e ferramentas para tratar, eliminar ou reduzir os mesmos. Nesse sentido foi elaborado um quadro com as estratégias do P+L e os desperdícios do LM mais quais ferramentas poderiam auxiliar nos seus objetivos, como mostra o Quadro 1:

Quadro 1 - Estratégias da P+L

	Redução na fonte	Reciclagem interna	Reciclagem externa e ciclos biogênicos
DESPERDÍCIOS P+L	Poluição	Poluição	Poluição
	Geração de resíduos	Geração de resíduos	Geração de resíduos
	Riscos ambientais	Riscos ambientais	Riscos ambientais
DESPERDÍCIOS LEAN	Processamento desnecessário	Processamento desnecessário	Processamento desnecessário
	Transporte	Transporte	Transporte
	Defeitos	Defeitos	Defeitos
	Estoque	Estoque	Estoque
	Conhecimento sem ligação	Conhecimento sem ligação	Conhecimento sem ligação
	Superprodução	Superprodução	Superprodução
FERRAMENTAS			
	5'S	Kanban	MFV
	TP	JIT	KAIZEN
	TPM	poka-yoke	Gestão visual

Fonte: Adaptado pelo autor, 2016

O objetivo é com esse novo modelo de estratégia, buscar encontrar além dos três desperdícios da P+L com os seis desperdícios do LM. Utilizando as ferramentas do LM como base metodológica para encontrar, resolver e sustentar.

Como também se observou nos estudos, as aplicações do LM têm havia muito pouco foco em sustentabilidade e meio ambiente. Levando em consideração que cada vez mais os clientes estão buscando empresas ecologicamente corretas, sugere-se adicionar aos princípios ou metas do LM a minimização dos resíduos e emissões e incluir nos seus oito desperdícios a poluição, geração de resíduos e riscos ambientais.

Dessa forma, ambas as filosofias estariam mais bem estruturadas, sendo que o P+L teria uma visão mais aprimorada e ferramentas de resolução e o LM aumentaria seu foco de atuação buscando não somente a redução de custos, mais a sustentabilidade ambiental e social.

4. Considerações finais

O objetivo deste estudo foi o de realizar uma comparação entre as filosofias *Lean Manufacturing* e Produção mais Limpa, de forma a integrar as aplicações e os benefícios de cada uma.

Por meio da comparação das filosofias, foi possível compreender melhor o enfoque de cada uma e os resultados buscados, o que permitiu observar uma similaridade entre alguns objetivos e desperdícios. Foi possível concluir que, trabalhando-se as filosofias de forma conjunta, acredita-se que os resultados podem e devem ser melhores do que de forma isolada.

Quando elaborou-se a relação entre os objetivos da P+L com os desperdícios do LM e suas ferramentas, foi possível verificar novas oportunidade de aplicação da P+L em empresas de diversos ramos de atuação, concomitantemente à aplicação do LM.

Sugeriu-se, também, adicionar um novo objetivo ou meta no “telhado” do modelo do STP , gerando assim um foco não só econômico mas também sustentável e social. Além disso, se poderia adicionar mais três tipos de desperdícios, esses com foco voltado para as questões ambientais.

Como sugestão de estudo para os próximos trabalhos, seria relevante realizar a comparação entre uma aplicação de P+L e a aplicação envolvendo os desperdícios e ferramentas do *Lean*, assim como também a aplicação do *Lean* com foco tradicional e com o foco no quarto objetivo, sustentabilidade e social.

REFERÊNCIAS

ANTUNES, JUNICO. Sistemas de produção: conceitos e práticas para projeto e gestão da produção enxuta. Porto Alegre: Bookman, 2008.

ARAÚJO, K.M. DE & PIMENTA, H.C.D., 2012. aplicação da ferramenta produção mais limpa na fabricação de cadernos universitários em uma indústria gráfica da Paraíba.

ATKINSON, P. & MUKAETOVA-LADINSKA, E.B., 2012. Nurse-led liaison mental health service for older adults: service development using lean thinking methodology. *Journal of psychosomatic research*, 72(4), pp.328–31. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022399911003151> [Accessed December 30, 2015].

BARBOSA, H. B. M. Implementação de um fluxo “Pull” no fabrico e abastecimento de acessórios na Bi-Silque – Produtos de comunicação Visual S.A. 2012. 56 f. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica) - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2012. Disponível em: <<http://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/68121/1/000154619.pdf>>. Acesso em: 23 de março de 2015.

BELASCO, JAMES A. Ensinando o elefante a dançar: Como estimular mudanças na sua empresa. Rio de Janeiro: Campus, 1992.

BERKMANN, L. I.; LORENZONI, L. J. Implantação de um sistema de produção através de célula de manufatura em uma indústria metalomecânica. 2010. 168 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior de Tecnologia em Gestão Empresarial) – Centro Universitário de Brusque, Brusque, 2010.

BROWNING, T.R. & HEATH, R.D., 2009. Reconceptualizing the effects of lean on production costs with evidence from the F-22 program. *Journal of Operations Management*, 27(1), pp.23–44. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0272696308000211> [Accessed February 17, 2016].

CARPINETTI, LUIZ CESAR RIBEIRO. Gestão da qualidade: conceitos e técnicas. 2º ed. São

Paulo: Atlas, 2012.

CESAR, A. et al., 2012. CONTRIBUIÇÕES DA PRODUÇÃO MAIS LIMPA (PMAISL) NA INDÚSTRIA TÊXTIL DO SERTÃO ALAGOANO.

CHIAVENATO, I. Introdução à Teoria Geral da Administração. 7 ed. Rio de Janeiro: Editora Campus, 2004.

CHIZZOTTI, ANTÔNIO. Pesquisa em ciências humanas e sociais. 5 ed. São Paulo: Cortez, 2001.

CORRÊA, HENRIQUE L.; CORRÊA, CARLOS A. Administração da produção e operações: manufatura e serviços: uma abordagem estratégica. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2012.

DEL, O. et al., 2015. Micromundo de “ El avión de la muda ”: una aproximación sistémica al Lean. , XXXVI(3), pp.238–252.

DEMETER, K. & MATYUSZ, Z., 2011. The impact of lean practices on inventory turnover. International Journal of Production Economics, 133(1), pp.154–163. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925527310000393> [Accessed February 17, 2016].

DENNIS, PASCAL. Produção lean simplificada: Um guia para entender o sistema de produção mais poderoso do mundo. 2 ed. Porto Alegre: Bookman, 2008.

DIAS, B. et al., 2014. A PRODUÇÃO MAIS LIMPA NO SETOR TERCIÁRIO : UMA RELAÇÃO ATRAVÉS DAS DIMENSÕES DA QUALIDADE EM SERVIÇOS.

DOMINGOS, F. et al., 2012. PRODUÇÃO MAIS LIMPA : UM ESTUDO DE CASO NUMA PANIFICADORA SITUADA NA REGIÃO DE NATAL - RN.

ESMEMR, S., CETI, I.B. & TUNA, O., 2010. A Simulation for Optimum Terminal Truck Number in a Turkish Port Based on Lean and Green Concept. The Asian Journal of Shipping

and Logistics, 26(2), pp.277–296. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/Pii/S2092521210800069> [Accessed September 21, 2015].

FARIAS, A.S.D. de et al., 2012. contribuições da p + l para a gestão de resíduos sólidos das.

FERREIRA, F. P. Análise da Implantação de um Sistema de Manufatura Enxuta em uma empresa de autopeças. 2004. 180 f. Dissertação (Mestrado em Gestão de Recursos Socioprodutivos) - Universidade de Taubaté, Taubaté, 2004.

GIL, ANTONIO CARLOS. Como elaborar projetos de pesquisa. 3 ed. São Paulo: Atlas, 1996. acesso em: 15 out. 2008.

HICKS, C. et al., 2015. Applying lean principles to the design of healthcare facilities. International Journal of Production Economics, 170, pp.677–686. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925527315001814> [Accessed May 29, 2015].

HINES, P.; TAYLOR, D. Going Lean. 1 ed. Cardiff: Lean Enterprise Research Center, 2000.

HUANG, Y., LUO, J. & XIA, B., 2013. Application of cleaner production as an important sustainable strategy in the ceramic tile plant – a case study in Guangzhou, China. Journal of Cleaner Production, 43, pp.113–121. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652612006592> [Accessed April 19, 2016].

IMAI, M. Kaizen: a estratégia para o sucesso competitivo. 5ªed. São Paulo: Instituto IMAM, 1994.

INES, S., BOHM, H. & SALLE, L.A., 2013. MODELO PARA IMPLANTAÇÃO E.

LAGANGA, L.R., 2011. Lean service operations: Reflections and new directions for capacity expansion in outpatient clinics. Journal of Operations Management, 29(5), pp.422–433. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S027269631000104X> [Accessed October 12, 2015].

Lean Institute Brasil. Os 5 princípios do Lean Thinking (Mentalidade Enxuta). Disponível em:

<<http://www.lean.org.br/5-principios.aspx>>. Acesso em 11 de abril de 2015.

LIKER, JEFFREY K. O modelo Toyota: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo. Porto Alegre: Bookman, 2008.

LUIZ, J. & JUNIOR, R., 2014. AVALIAÇÃO DA IMPLANTAÇÃO DO PROCESSO DE PINTURA ECOEFICIENTE COMO PRÁTICA.

Lutosa, L. et al. Planejamento e Controle da Produção. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.

Macedo, M. & Possamai, E., 2013. Revista Gestão Industrial impactos da implementação do lean manufacturing na obtenção de vantagem competitiva : um estudo de casos múltiplos impact of the implementation of lean manufacturing in obtaining competitive advantage : a multiple case study. Revista Gestão Industrial, 9(2013), pp.366–391.

MAIA, D.T. et al., 2013. UM ESTUDO SOBRE A GESTÃO DE RESÍDUOS EM UMA INDÚSTRIA DE UTILIDADES DOMÉSTICAS.

MARTIN, L.D. et al., 2014. Process improvement in the operating room using Toyota (Lean) methods. Colombian Journal of Anesthesiology, 42(3), pp.220–228. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2256208714000546> [Accessed February 10, 2016].

MARQUES, J. M. Produtividade: alavanca para a competitividade. 1 ed. São Paulo: Edicon, 1995.

MARQUES, J. R. S.; MELLO, A. J. R. Perdas no Processo Produtivo: Um estudo de caso numa indústria de laminados plásticos. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 33, 2013, Salvador. Anais eletrônicos... Salvador: CEFET/RJ, 2013. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2013_TN_STO_177_013_2289_3.pdf>. Acessado em 20 de março de 2015.

MAXIMINIANO, ANTONIO CÉSAR AMARU. Além da hierarquia: Como implantar estratégias participativas para administrar a empresa enxuta. São Paulo: Atlas, 1995.

MILLER, G. et al., 2015. Exploring Stakeholder Saliency for the Adoption of Principles and Tools of Cleaner Production in Brazilian Companies. , 17(55), pp.932–958.

NISCHIDA, L. T. Reduzindo o “lead time” no desenvolvimento de produtos através da padronização. Artigos Lean Institute Brasil. Disponível em: < http://www.lean.org.br/comunidade/artigos/pdf/artigo_74.pdf >. Acesso em: 16 de maio de 2015.

OHNO, TAIICHI. O sistema Toyota de produção: Além da produção em larga escala. Porto Alegre: Bookman, 1997.

OMETTO, A.R. et al., 2015. identificação dos benefícios e dificuldades da produção mais limpa em empresas industriais do estado de são paulo. , pp.458–481.

PIZZOLATO, M. et al., 2012. produção mais limpa: identificação de oportunidades em uma indústria moveleira.

PRADO, PAULO H. M; MARCHETTI, RENATO. lucratividade pela inovação: Como eliminar ineficiências nos seus negócios e na cadeia de valor. Rio de Janeiro: Elesier, 2005.

RODRIGUES, MARCUS VINICIUS. Ações para a qualidade. 2º ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2006.

SANTANA, S. & SILVA, D.A., 2014. contribuições de p + 1 na gestão de resíduos das atividades de panificação : estudo de caso em panificadoras da cidade de campina grande - pb.

SANTO, V. G. V. A filosofia Just in Time como otimização do método de produção. Revista Eletrônica FACE, Aracruz, 2014, p. 13, set. 2014. Disponível em: <http://www.facefaculdade.com.br/arquivos/revistas/A_filosofia_just_in_time_como_otimizacao_de_metodo_de_producao.pdf>. Acesso em: 01 de maio de 2015.

SEVERINO, M.R. et al., 2014. Proposta de implementação de filosofias de gestão ambiental em escolas.

SHINGO, SHIGEO. Sistema de troca rápida de ferramenta: uma revolução nos sistemas produtivos. Porto Alegre: Bookman, 2000.

SLACK, NIGEL; CHAMBERS, STUART; JOHNSTON, ROBERT. Administração da produção. 3.ed.São Paulo: Atlas, 2009.

SOUSA, T.B. de et al., 2012. os impactos da adoção da produção mais limpa como estratégia de gestão ambiental em uma indústria sucroalcooleira.

STAATS, B.R., BRUNNER, D.J. & UPTON, D.M., 2011. Lean principles, learning, and knowledge work: Evidence from a software services provider. *Journal of Operations Management*, 29(5), pp.376–390. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0272696310000902> [Accessed February 17, 2016].

SUZAKI, K. Gestão de Operações Lean. Mansores: LeanOP, 2010.

VICENTE, B. DE P. & FILHO, A.G.A., 2012. potencialidades da integração entre produção mais limpa, manutenção produtiva total e educação ambiental: estudo de caso em uma indústria de grande porte.

WOMACK, J.P.; JONES, D.T. A Mentalidade Enxuta nas Empresas: elimine o desperdício e crie riqueza. 8ª ed. Rio de Janeiro: Campus, 2004.

WOMACK, JAMES P.; JONES, DANIEL T.; ROOS, DANIEL. A máquina que mudou o mundo: Baseado no estudo do Massachusetts institute of technology sobre o futuro do automóvel. 8 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

YAMACHIDA, LUCAS MASATOSHI. Análise e comparação da proposta de implementação de algumas ferramentas da produção enxuta em uma média empresa. 2010. 52 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Engenharia de Produção) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

Direitos autorais

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído no seu trabalho.

Capítulo 13

ESTUDO DA UTILIZAÇÃO DO SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO NA REDUÇÃO DO TEMPO DE DECAPAGEM DE EXTINTORES DE INCÊNDIO

Diogo Katagiri
Leandro Dóro Tagliari
Leonardo Castilhos de Oliveira
Guilherme Regner Nava
Cristian Bicigo
Ritielli Berticelli

ESTUDO DA UTILIZAÇÃO DO SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO NA REDUÇÃO DO TEMPO DE DECAPAGEM DE EXTINTORES DE INCÊNDIO

Diogo Katagiri

Leandro Dóro Tagliari

Leonardo Castilhos de Oliveira

Guilherme Regner Nava

Cristian Bicigo

Ritielli Berticelli

Resumo

Este trabalho visa o estudo viabilização de um protótipo reformulado embasado no sistema Toyota de produção “Just In Time (JIT)” para redução do gargalo no setor de jato e pintura em uma empresa de extintores de incêndio. Foi executada uma análise do funcionamento das atividades em cada fase deste processo na empresa, bem como um estudo para adaptar a atividade ao sistema Toyota de produção utilizando o sistema de TRF – Troca Rápida de Ferramentas. O objetivo principal não foi especificamente a troca da ferramenta, mas sim na troca dos produtos acabados por produtos a serem decapados. Foi necessário avaliar o setup externo e aproxima-lo ao máximo do setup interno, visto que não há a possibilidade de efetuar a troca de produtos na zona de jateamento durante o processo sem que a máquina esteja totalmente parada. Foi identificado que o suporte utilizado no abastecimento do jato de granalha não é um objeto de fácil manuseio, e que dificultava o trabalho de abastecimento e descarga do jato de granalha, tornando-se uma peça importante a ser modificada. Com o estudo da atividade de jateamento, confirmou-se a necessidade da aplicação de técnicas de projeto conceitual. Dessa forma, foi fabricado um protótipo reformulado do dispositivo, sendo testado diretamente no processo. Em pouco tempo de teste foi possível identificar uma redução significativa no tempo de processamento por lote com ganhos em produtividade e com melhor qualidade nos produtos acabados.

Palavras-chave: Sistema Toyota de Produção; decapagem; jateamento; *setup*; extintores.

1. Introdução

Com a evolução constante da humanidade, é natural que ocorram mudanças em âmbitos políticos, sociais, tecnológicos e econômicos, o mesmo ocorre com os processos produtivos. Estas mudanças tem o objetivo de aumentar a competitividade das organizações a fim de alcançar uma posição com maior visibilidade no mercado em que atuam.

A constante busca pela satisfação dos clientes, melhoria no prazo de entrega, baixo custo de produção e redução de estoques, estão levando algumas organizações a repensarem um meio para a otimização de seus processos. Nesse contexto, a adoção de uma sistemática que possa eliminar/reduzir o tempo ocioso ou de parada para troca de ferramentas no ambiente de operações se torna essencial.

Mantendo esse foco, tem-se por finalidade pesquisar uma nova forma para a execução da atividade do setor de jateamento e pintura utilizando conhecimentos do sistema Toyota de Produção, a fim de reformular o dispositivo de abastecimento e descarga dos produtos no jato de granalha de aço. Reduzindo o tempo ocioso do colaborador, a ampliação da produtividade, a diminuição do gargalo no setor e aumento da qualidade do produto acabado.

1.1. Sistema Toyota de produção

O objetivo principal do Sistema Toyota de Produção segundo Shingo (1996), é a capacitação das organizações para responder com agilidade e rapidez as constantes flutuações das demandas do mercado, através do alcance efetivo das três principais dimensões da competitividade: flexibilidade, qualidade e inovação. No mesmo sentido, o autor explana resumidamente que a essência do Sistema Toyota de Produção é a eliminação da perda por superprodução, seja ela por excesso ou por produção antecipada.

O sistema Toyota se desenvolveu através da necessidade do desenvolvimento de um Sistema de Produção e de suas respectivas ferramentas operacionais, onde estivesse fortemente apoiado em uma ótica e em um foco de melhorias contínuas e radicais na função processo. O autor cita ainda que o Sistema Toyota de Produção evidenciou sua efetividade e importância ao mundo industrial através de resultados econômico-financeiros positivos e por meio da obtenção de uma grande fatia no mercado automobilístico mundial (BLACK, 1998).

Shingo (1996) apresenta como características básicas do Sistema Toyota de Produção, a redução de custo através da eliminação total das perdas. A eliminação da superprodução

através do estoque zero e redução do custo de mão-de-obra. A redução drástica dos ciclos de produção através da Troca Rápida de Ferramentas (TRF). O pensamento na demanda em termos de produção contra pedido. Além de aderir fielmente à ideia de que a quantidade produzida deve ser igual à quantidade demandada.

1.2. Pilares do sistema Toyota

Segundo Müller (2011) Sistema Toyota de Produção tem como pilares necessários o just-in-time (JIT), que considera que o processo deve ser abastecido com as partes necessárias no tempo e no local certo, bem como na quantidade necessária. O outro pilar que o autor menciona baseado nas ideias e práticas de Toyota Sakichi é a automação ou automação com toque humano.

1.3. Tempo de troca de ferramenta (Setup)

Os autores Slack, Chambers, Johnston (2008), definem setup como o tempo decorrido na troca do processo final da produção de um lote até a produção da primeira peça boa do próximo lote. Além disso, Shingo (2000) complementa que as operações de setup podem ser divididas em interno e externo, ou seja, o setup interno ocorre quando a troca da peça é realizada enquanto a máquina encontra-se parada (desligada), tal como montar ou remover a ferramenta, já o setup externo ocorre com a máquina em funcionando, tal como o transporte de uma ferramenta para uma prateleira.

1.4. Troca rápida de ferramenta

O setup e a Troca Rápida de Ferramentas são elementos essenciais para evitar perdas. Segundo Shingo (1996), qualquer pessoa que faça uma análise cuidadosa do Sistema Toyota de Produção chegará à conclusão que a redução nos tempos de setup obtida com o auxílio do Sistema de Troca Rápida de Ferramentas é essencial. Nesse sentido, Shingo (2000), salienta que a Troca Rápida de Ferramentas é um instrumento de redução dos tempos de preparação dos equipamentos, que auxilia na redução dos tempos de atravessamento (lead times). Desta forma, a utilização dessa ferramenta possibilita uma produção econômica em pequenos lotes, possibilitando a empresa uma resposta rápida diante das mudanças do mercado consumidor,

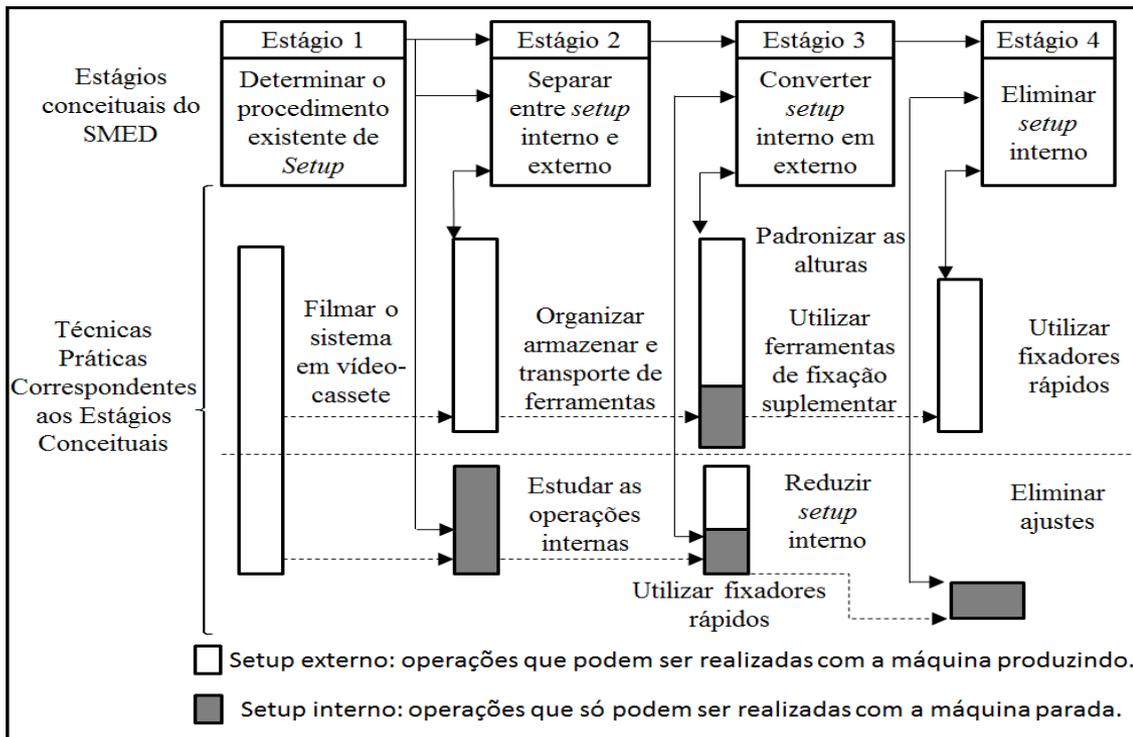
visto que a produção econômica de pequenos lotes possibilita a redução de estoques. Seguindo esse pensamento a fim de realizar a troca de ferramentas em menor tempo possível Shingo (2000), chamou qualquer setup que possa ser reduzido para menos de dez minutos de Troca de Ferramenta em Tempo Inferior a Dez Minutos- denominado Single Minute Exchange of Die, ou seja, tempo de setup deve ser um número de apenas um dígito, isto é, até 9 minutos e 59 segundos.

O Sistema Toyota de produção do ponto de vista da engenharia de produção levou Shingo (1996), a concluir que a eliminação da perda por superprodução não pode ser alcançada sem a Troca Rápida de Ferramentas que os tempos de ciclo reduzidos requerem produção em lotes pequenos. Assim a TRF (troca rápida de ferramenta) torna-se um ponto crucial devendo ser alcançada se anseiam responder a mudanças na demanda do consumidor.

1.4.1. Implantações do Sistema de Troca Rápida de Ferramentas

Segundo Black (1998), para implementar um Sistema de Troca Rápida de Ferramentas e matrizes e também reduzir ou até mesmo eliminar o setup, deve-se forçar todos a analisarem os problemas de setup formando células de famílias de peças, visto que o tempo para trocar os produtos dentro de uma célula deve ser o menor possível. Nesta sequência, cada colaborador que trabalha no chão de fábrica deve ser treinado em como reduzir o tempo de preparação usando os princípios de SMED (Single Minute Exchange of Die). Da mesma forma o autor afirma que este sistema funciona para qualquer processo e ainda define quatro estágios para ele. No primeiro estágio, o método atual é o levantamento de dados e sua análise. No segundo estágio faz-se a separação do setup interno do setup externo. No terceiro estágio o setup interno é convertido em setup externo. Por fim, no quarto estágio, todos os aspectos do setup interno e externo são analisados e os ajustes são eliminados. Para tanto é importante que haja uma equipe especializada e formada em redução de setup para auxiliar os operadores com eventuais problemas. A figura 4 demonstra os estágios e as estratégias para a implementação da Troca Rápida de Ferramentas na visão de (BLACK, 1998).

Figura 1 - Estágios conceituais e técnicas praticas do Sistema Single Minute Exchange of



Fonte: Black 1998 p. 25

Conforme a figura a cima, a eliminação do tempo de setup seria a solução ideal para a implantação da Troca Rápida de Ferramentas. Segundo Fagundes (2002), a eliminação do setup tem a maior probabilidade de ocorrer na fase de projeto do produto. Tal afirmação se dá, pois nessa fase buscar-se-ia à intercambiabilidade das peças.

O autor reforça ainda, que a eliminação total do setup pode não ser viável, porem com a aplicação dos passos para a redução do tempo de preparação de máquinas e ferramentas, bem como a utilização de técnicas mais adequadas para cada setup, sendo aplicado o número de vezes que for necessário, pode vir a resultar em grandes reduções do tempo de setup em uma empresa.

Além disso, o autor menciona outra ação, não menos importante que contribui para a consolidação da Troca Rápida de Ferramentas, esta é a construção de dispositivos, equipamentos ou ferramentas para que proporcionem segurança, e proteção aos riscos de acidentes aos operadores que irão manuseá-los.

1.5. Extintores de incêndio.

Neste item será efetuada uma breve apresentação sobre extintores de incêndios, bem como algumas definições. Estas informações foram retiradas do site do SEBRAE, que auxilia na formação de empresas. Segundo o SEBRAE, uma empresa de venda, recarga e manutenção de extintores, necessita de uma estrutura de no mínimo 100 m², sendo o ideal dispor de até 200m², que poderão ser divididos em:

- a) atendimento e recepção de clientes;
- b) local para almoxarifado para fins de armazenamento de peças e demais produtos;
- c) local para realização de serviços de inspeção técnica e manutenção dos extintores. Para tanto este espaço deve englobar uma oficina, setor de recebimento e triagem de extintores, local para desmontagem e decapagem (define-se decapagem como todo procedimento realizado sobre superfícies metálicas, que visa à remoção de oxidações e impurezas orgânicas), local para jateamento, sala de cabine de pintura, área de ensaios tanto de alta quanto de baixa pressão, envasamento, local de armazenamento do pó químico retirado do extintor, tanque de montagem e expedição;
- d) escritório para a realização das atividades administrativas.

São definidas algumas instituições para regulamentar, normalizar e fiscalizar periodicamente esses produtos e seus fabricantes. Um deles é o INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia responsável pela auditoria, Normalização e Qualidade Industrial, outro é a ABNT- Associação de Normas Técnicas, que normatiza os procedimentos e por fim o Corpo de Bombeiros Militar que analisam projeto de prevenção, em seguida fazem vistoria no local e emitem o alvará. É obrigatório por lei à utilização de extintores de incêndio em edifícios residenciais, condomínios e estabelecimentos comerciais, industriais, órgãos públicos, hospitais, veículos de grande porte, entre outros. Não são exigidos extintores de incêndio apenas em residências uni familiares, bem como em veículos de passeios (a partir do ano de 2015) e máquinas agrícolas.

1.5.1. Desenvolvimento de produtos

Segundo Rodrigues (2015), o desenvolvimento de produtos ao longo das eras históricas foi

motivado por diferentes necessidades ou demandas. De acordo com o autor, o Brasil demonstrou poucas iniciativas quanto ao ensino e pesquisa na área de teoria e metodologia de projeto. Apenas a partir do ano de 1990 com a abertura ao mercado externo, houve por parte da indústria brasileira uma procura maior por profissionais com competência em desenvolvimento de produtos.

Rodrigues (2015) expõe que o projeto é um elemento constituinte da engenharia universal, tendo em vista que o projeto de engenharia é um processo sistemático no qual os engenheiros geram, avaliam e especificam estruturas e seus componentes para a construção de máquinas, equipamentos ou processos, cujas formas e ou funções atendem os requisitos técnicos, bem como restrições estabelecidas a partir da necessidade do usuário.

De acordo com Baxter (2011), a configuração do projeto inicia-se com a escolha do conceito e finaliza-se com o protótipo completamente desenvolvido e testado. Tratando-se do projeto conceitual que será utilizado neste estudo, o autor discorre que este tem por objetivo produzir de projetos iniciais para novos produtos.

2. Materiais e métodos

Os procedimentos empregados para este estudo constituíram na combinação de uma pesquisa experimental com estudo de caso. Silva e Menezes (2005) conceituam estudo de caso, como um estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos, de modo a permitir o seu amplo e detalhado conhecimento. Seguindo esse pensamento, os autores citam que a pesquisa experimental é utilizada quando se determina um objeto de estudo, selecionam-se as variáveis que seriam capazes de influenciá-lo, assim como se definem as formas de controle e de observação dos efeitos que a variável produz no objeto.

Este experimento foi realizado através do desenvolvimento de um dispositivo reformulado (protótipo) para abastecimento e descarga da máquina de jato de granalha. Considerando tal fato, delimitou-se esta pesquisa como de cunho qualitativo e quantitativo, visto que, está baseada na observação e no desenvolvimento das atividades no ambiente de jato de granalha de aço, onde são realizados os registros dos fatos ocorridos, para efetuar a análise e interpretação dos dados obtidos.

O estudo foi realizado na empresa Katagiri Extinttores's LTDA, localizada na região norte do estado do Rio Grande do Sul, cidade de Marau. A empresa atua no ramo de prevenção e combate a incêndios oferecendo serviços de Projetos de Prevenção e Combate Contra

Incêndios (PPCI), bem como instalação e manutenção de extintores de incêndio, hidrantes de incêndio, iluminação e sinalização de emergência e sistemas de proteção contra descargas atmosféricas (SPDA).

A coleta dos dados foi obtida através do acompanhamento do processo de decapagem dos cilindros ou recipientes de extintores de incêndio, pelos quais foram observados: o modo que os colaboradores realizavam o trabalho, a máquina de jato de granalha de aço e o dispositivo de abastecimento do mesmo. Mediante a coleta desses dados, foi desenvolvida uma análise do processo.

Para uma melhor visualização e análise quanto ao modo de realização da atividade, criou-se um quadro com os dados coletados durante o trabalho realizado de forma habitual (forma de trabalho antes da reformulação do dispositivo), bem como o apontamento do tempo utilizado para cada atividade durante o processo de jateamento. Assim, ficou possível identificar desvios que reduziam a capacidade produtiva no setor de jato e pintura.

Quadro 1 - Dados das atividades e tempos antes da reformulação

Atividades realizadas durante o processo de jateamento (Sem alterações)	Tempo médio com 5 un. (min.)
Preparar e transportar cilindros ou recipientes	8
Acoplar os produtos no dispositivo de abastecimento do jato de granalha	10,5
Inserir na cabine de jateamento e ligar o jato	0,5
Outras atividades sem ligação com o trabalho de jateamento	12
Jateamento pronto e colaborador disperso da função de jateamento	7
Desligamento e parada total do jato de granalha de aço.	Dispersão do trabalhador
Retirada do suporte carregado do interior da cabine de jateamento.	0,5
Descarregar produtos de carga/descarga do jato de granalha.	7

Fonte: Diogo Katagiri, 2016

A máquina de jateamento em questão fora fabricada pela empresa BS equipamentos, e o modelo utilizado é o BSG 250, ano 2012. Esta máquina possui sistemas de recirculação de granalha, sistema de exaustão com filtro e cabine de jateamento. Possui também um sistema

de monovias, que possibilita o acesso de dois carros troles para a o interior da cabine de jateamento, sendo utilizado apenas um carro trole em cada processamento de produto a ser trabalhado. Por fim, esta monovia possui uma entrada que possibilita ao operador selecionar qual dos carros troles irá acessar a cabine de jateamento.

Figura 2 - Vista superior da cabine de jateamento e monovias de abastecimento



Fonte: Diogo Katagiri, 2016

Método segundo Diehl e Tatim (2004, p. 48), é um conjunto de processos pelos quais, se torna possível conhecerem uma realidade específica, a fim de se atingir um resultado desejado. Levando-se em consideração que o objetivo do trabalho é estudar uma nova forma para a execução da atividade e também desenvolver um dispositivo para abastecimento e descarga do produto no jato de granalha de aço, o método de estudo que será utilizado será o método monográfico.

Conforme Marconi e Lakatos (2006), o método monográfico consiste no estudo de determinados indivíduos, profissões, condições, grupos ou comunidades. A investigação deve examinar o tema escolhido, observando e analisando todos os fatores e aspectos que o influenciam. Serão utilizados os conceitos de Shingo e Black para o programa de redução de *setup* e troca rápida de Ferramentas. Segue a definição dos 6 tópicos abaixo utilizados:

- a) Análise do método existente: será realizada visita in loco na área de produção, onde se descobrirá como se realiza a manufatura de extintores de incêndio. Também serão coletados dados do processo de jateamento dos recipientes ou cilindros dos mesmos.

- b) Separação dos elementos internos dos elementos externos: a partir da análise do método existente, os dados e anotações coletados serão utilizados no desenvolvimento de um fluxograma para facilitar a identificação destes elementos.
- c) Reduzir/Eliminar os elementos internos: Serão levantadas hipóteses para a conversão dos elementos internos em externos, tais hipóteses serão complementadas através dos conceitos seguintes.
- d) Utilizar grampos funcionais ou eliminar os grampos: O pesquisador irá idealizar e desenhar acopladores individuais, nos quais poderão ser acoplados em qualquer dispositivo de abastecimento do jato de granalha.
- e) Usar dispositivos intermediários ou Dispositivos padronizados: No mesmo contexto, os dispositivos de abastecimento do jato de granalha serão desenhados de forma a sugerir que os encaixes sejam adaptáveis aos acopladores idealizados.
- f) Adotar operações paralelas: Será sugerido um novo método de trabalho, partindo da ideia de que já existam estes novos dispositivos e acopladores. Dessa forma, será criado um fluxograma com o método existente e o novo método sugerido para a comparação visual.

4. Resultados

A partir da análise dos dados coletados, foi possível verificar a importância e a necessidade da reformulação do dispositivo de abastecimento do jato de granalha, bem como a criação de um novo fluxograma de trabalho que atenda com mais praticidade e agilidade. Tais alterações deverão atuar diretamente na redução do tempo no *setup* na máquina de jateamento por granalha de aço.

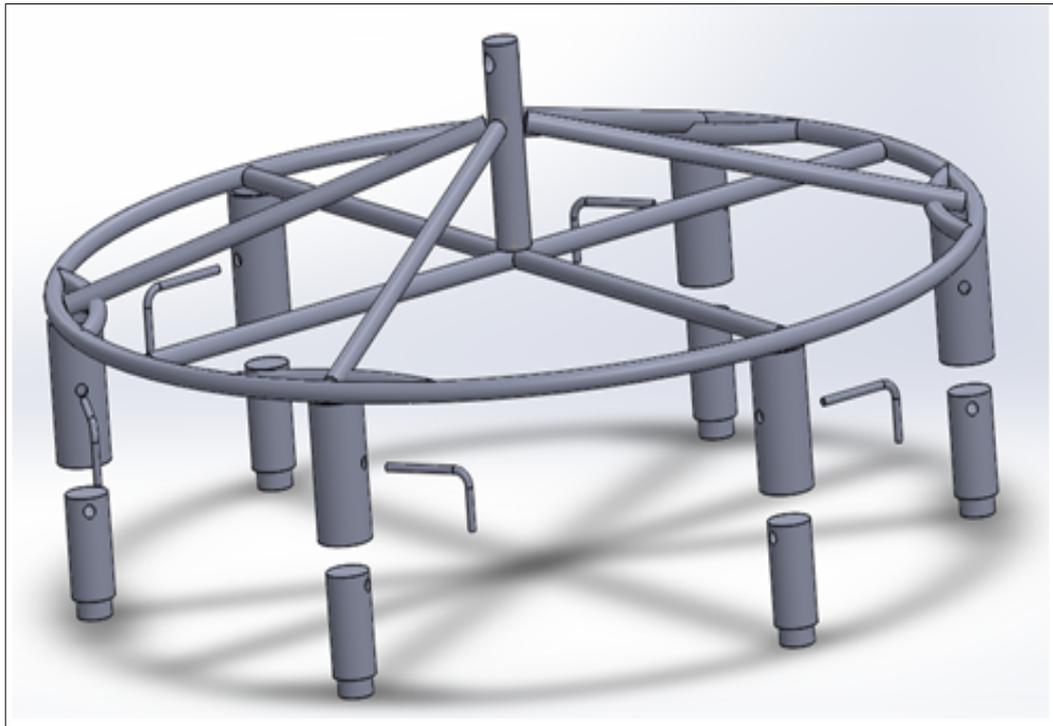
Reformular o dispositivo é uma das maneiras de reduzir os elementos internos, pois torna as dimensões e formas de todas as matrizes padronizadas durante a troca de ferramentas. Além disso, para a obtenção deste objetivo, pode-se utilizar uma ferramenta de fixação suplementar com a base na mesma dimensão para todos os tamanhos de matrizes.

Para adaptar o objetivo em questão, foi necessário criar um novo dispositivo com um elemento intermediário, que possui encaixe padronizado em uma das extremidades para acoplamento no dispositivo. Na outra ponta deste elemento intermediário (acoplador), haverá a necessidade de conter uma rosca para cada tipo de produto. Percebe-se, portanto, que são necessários apenas dois tipos de roscas para a fixação dos cilindros ou recipientes para

execução do jateamento, conseqüentemente não haverá problemas quanto às variedades de elementos intermediários para a execução do trabalho.

Na seqüência será apresentado o *layout* do protótipo do novo dispositivo para o abastecimento e descarga do jato de granalha de aço, bem como acopladores e pinos.

Figura 3 - Reprodução do novo dispositivo reformulado com os acopladores de produtos



Fonte: Diogo Katagiri, 2016

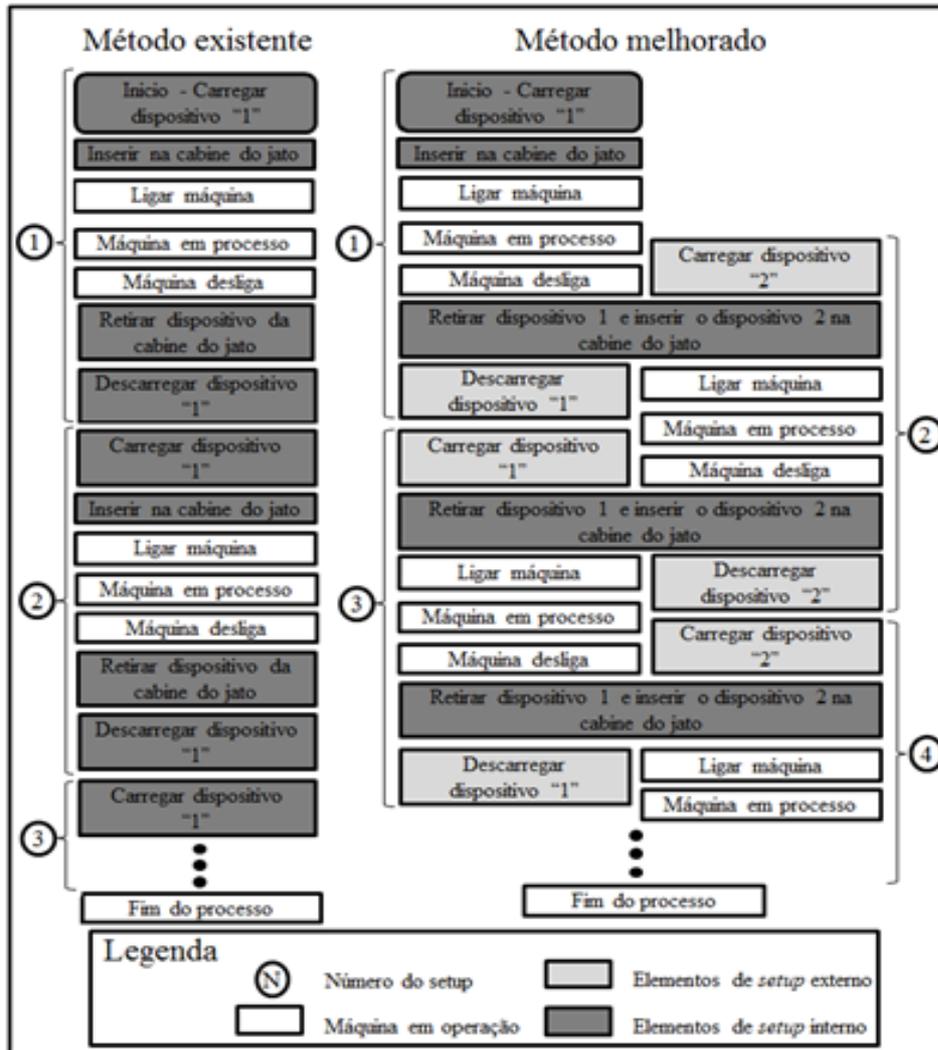
Os acopladores mostrados na figura 5 são peças distintas, com poucos fios de rosca.

Este método será utilizado para reduções do número de voltas da peça, evitando movimentos desnecessários ao prender o produto (cilindros e recipientes). Esses acopladores são compostos de um lado por uma rosca, e na outra extremidade por uma furação de 10 milímetros, esta por sua vez será utilizada para prender com um pino este acoplador ao dispositivo.

Segundo referencial teórico abordado, ao adotar operações paralelas existe a possibilidade de reduzir o tempo de *setup* em até 50%. A partir desta explanação optou-se pela criação de um novo fluxograma que será apresentado a seguir. Ao avaliá-lo, constata-se que haverá uma diminuição significativa do tempo durante a troca da ferramenta na máquina de jateamento.

Este novo processo possibilitará o carregamento de um dispositivo, enquanto o outro está com o cilindro sendo decapado na cabine de jateamento.

Figura 4 - Fluxogramas do método existente e o método sugerido



Fonte: Diogo Katagiri, 2016

A fabricação do protótipo foi executada com base no modelo de fluxograma apresentado, bem como na identificação de possíveis falhas no projeto do dispositivo, quanto ao acoplamento entre dispositivo e acopladores.

Quadro 2 – Dispositivo antigo e dispositivo reformulado

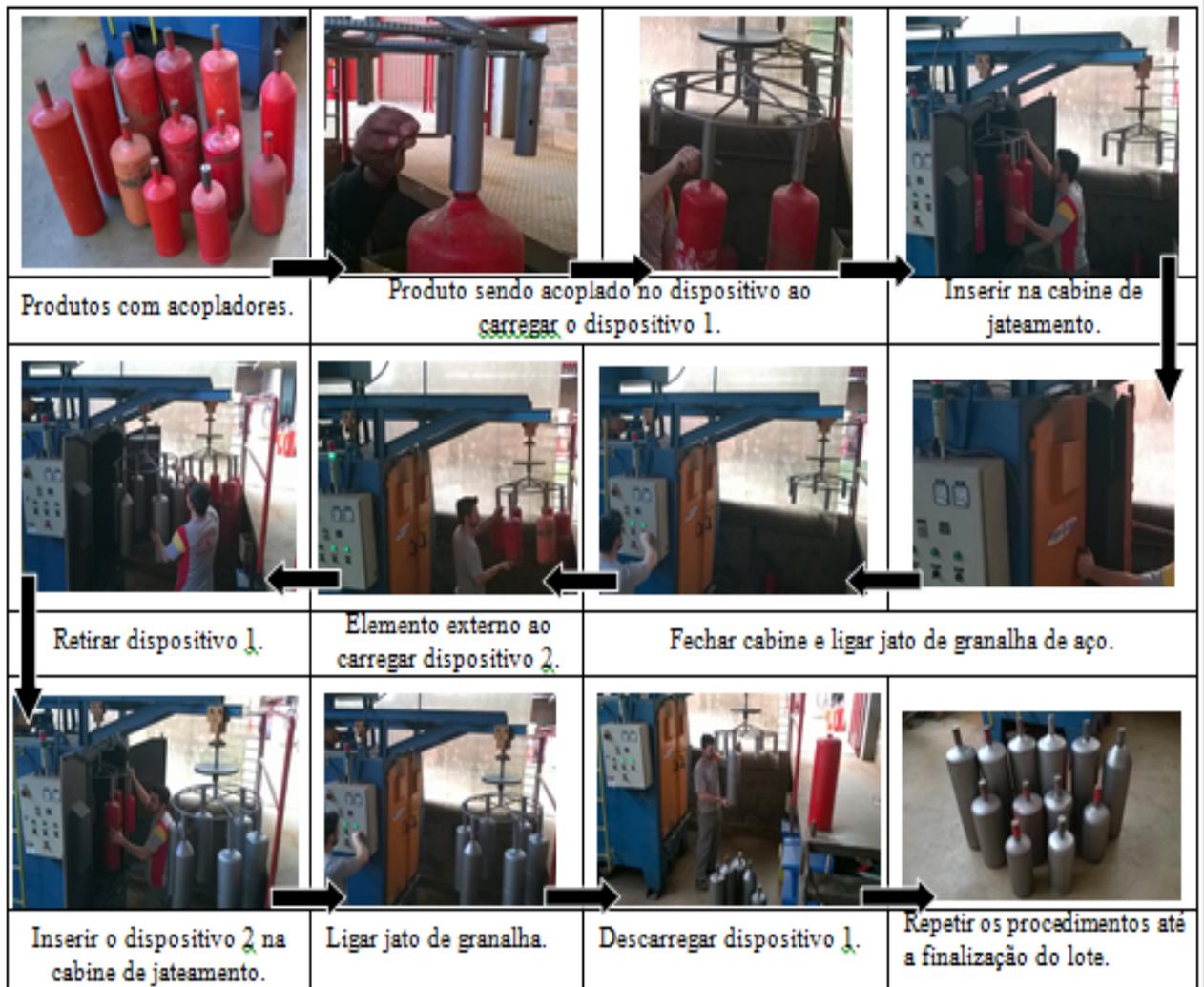
Dispositivo antigo	Dispositivo, acopladores e pinos reformulados.
	

Fonte: Diogo Katagiri, 2016

Com o dispositivo, os acopladores e pinos finalizados, o próximo passo será a etapa na qual serão efetuados os experimentos para a comprovação das teorias sobre *setup* e sistema de troca rápida de ferramentas, bem como a verificação do comportamento do protótipo no decorrer das atividades de jateamento na empresa.

O protótipo reformulado foi testado durante um período inferior a um (1) mês, devido ao seu bom desempenho durante as avaliações realizadas. Rapidamente foi possível identificar o ganho de tempo no processo. Os testes foram realizados durante a execução dos trabalhos conforme demonstrado no fluxograma a seguir.

Figura 5 - Fluxogramas do método melhorado após a reformulação do dispositivo



Fonte: Diogo Katagiri, 2015

No quadro comparativo apresentado abaixo, estão expostos os dados coletados quando da utilização do dispositivo antigo e os dados coletados após a implementação do dispositivo reformulado. Estes foram divididos em duas colunas denominadas: Antes da implementação do dispositivo reformulado e Depois da implementação do dispositivo e de um novo método de trabalho. Com a utilização do método melhorado em conjunto com o dispositivo elaborado, foi possível reduzir o tempo de processamento de produto em aproximadamente 2/3, no que se refere ao tempo total de execução da atividade.

Quadro 3 - Comparativo entre as duas formas para realização da atividade

Acompanhamento das melhorias alcançadas		Antes	Depois	
Quantidade de produtos por lote		5	6	
Qualidade	Vedação para proteção das roscas	Não	Sim	
	Parecer quanto à proteção das roscas dos produtos	Péssimo com muitas roscas danificadas	Ótimo não foi constatado a penetração de pé de granalhas de aço ou danos nas roscas	
Setup	Nº	Atividades realizadas durante o processo de jateamento de um lote.		
	1	Preparar cilindros ou recipientes para jateamento.	Tempo médio (minutos)	
	2	Acoplar os produtos no dispositivo de abastecimento do jato de granalha.	8	9,5
	3	Inserir na cabine de jateamento e ligar o jato.	10,5	2
	4	Outras atividades sem ligação com o trabalho de jateamento.	0,5	0,5
	5	Descarregar e carregar dispositivo durante o processamento de outro lote.	12	Não aplicável
	6	Jateamento pronto e colaborador disperso da função de jateamento.	Não é possível	O tempo é desconsiderado, pois esta atividade é um elemento interno de <i>Setup</i> .
	7	Jateamento pronto e colaborador disperso da função de jateamento.	7	Não aplicável
	8	Desligamento e parada total do jato de granalha de aço.	Durante a dispersão do trabalhador	0,5
	9	Retirada o suporte carregado do interior da cabine de jateamento.	0,5	0,5
	Descarregar do dispositivo os produtos acabados.	7	1,5	
Tempo total de Setup.		45 min. 30seg.	14 min. 30seg.	

Fonte: Diogo Katagiri, 2015

Assim, com o tempo de processo reduzido em aproximadamente 2/3, será possível restringir o trabalho no setor de jateamento para aproximadamente 2 dias por semana, ou se a empresa desejar pode aumentar a capacidade produtiva em até 1,5 vezes. Delimita-se esta redução de dias ou aumento da capacidade apenas para o setor de jato e pintura, o qual foi utilizado para este estudo.

5. Conclusões

O constante esforço das organizações para a redução dos custos é significativamente importante para aumentar a competitividade perante o atual mercado. Do mesmo modo, os processos enxutos além serem responsáveis por manter a sobrevivência das organizações, permitem que esta assuma uma posição de destaque no mercado.

Este trabalho permitiu ampliar a visão na área de operações. Com pequenas alterações no processo, porém importantes, proporcionará um aumento significativo na produtividade.

O objetivo geral alcançado pelo trabalho foi à definição dos elementos que produzem perdas por espera nas operações produtivas da empresa, especificamente na máquina de jateamento por granalha de aço. Com base nos conhecimentos adquiridos foram propostas soluções para redução do tempo de *setup*.

Foi analisado como a atividade é desenvolvida na empresa e coletado informações, depois de compreendido o processo produtivo, observou-se enormes melhorias em todo nível de produção. As soluções propostas foram, a separação de elementos internos em externos, redução dos elementos internos, utilização de grampos funcionais, utilização de dispositivos intermediários ou padronizados e adoção de ações paralelas tornou-se plausível a possibilidade de diminuição do tempo de *setup*.

Depois de construído e testado o novo dispositivo foi realizado o treinamento dos colaboradores da área produtiva da empresa, com a finalidade de tornar correta e eficaz a aplicação dessa metodologia de trabalho.

A exemplo do trabalho de Silva (2006) onde se verificou que todas as ações estratégicas, com resultados operacionais ou não, refletem maior satisfação dos clientes de uma organização, oferecendo-lhes produtos de maior qualidade e com menor prazo de entrega, já que a produção foi otimizada. A empresa em questão poderá utilizar esse diferencial como estratégia comercial para expandir seu mercado.

Esse trabalho poderá ser utilizado como base em estudos futuros dentro da própria empresa e também como modelo para outras organizações, podendo ser utilizado em diversos processos, aumentando a competitividade através dos métodos de *setup* e Troca Rápida de Ferramentas.

REFERÊNCIAS

BLACK, J.T. O projeto da fábrica com futuro. Trad. Gustavo Kannenberg. Porto Alegre: Bookman, 1998.

BAXTER, M. Projeto de produto: guia pratico para o design de novos produtos. 3.ed. São Paulo: Blucher, 2011.

DIEHL, Astor Antônio. TATIM, Denise Carvalho. Pesquisa em Ciências Sociais Aplicadas: métodos e técnicas. São Paulo: Prentice Hall, 2004.

FAGUNDES, P.R.M. Sistemática para redução do tempo de setup na indústria moveleira. Mestrado em Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2002.

MARCONI, M. A; LAKATOS, E. M.. Fundamentos da Metodologia Científica. 6.ed. 3. reimpr. São Paulo: Atlas, 2006.

MÜLLER, C. J. Evolução dos Sistemas de Manufatura e a Necessidade e Mudanças nos Sistemas de Controle e Custeio. Porto Alegre: UPFRS, 1996. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1996.

RODRIGUES, A. R. Desenho técnico mecânico: projeto e fabricação no desenvolvimento de produtos industriais... [ET.al].-1 ed. – Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.

SHINGO, S. O Sistema Toyota de Produção do ponto de vista da Engenharia de Produção. Trad. Eduardo Schaan. 2ª ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.

SHINGO, S. Sistema de Troca Rápida de Ferramenta: uma Revolução nos Sistemas Produtivos. Trad. Eduardo Schaan e Cristina Schumacher. Porto Alegre: Bookman, 2000.

SHINGO, S. Sistemas de Produção com estoque zero: o Sistema Shingo para melhorias contínuas. Porto Alegre: Bookman Companhia Editora, 1996.

SILVA, E.L.; MENEZES, E.M. Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação. 4. Ed. rev. atual- Florianópolis: UFSC, 2005.

Avaliação de Desempenho. Disponível em: < <http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/7381> >.

Acesso em: 07 de maio. 2018.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R.; Administração da produção. 2.ed. São Paulo: Atlas, 2008.

Capítulo 14

ESTUDO DE RENTABILIDADE ECONÔMICA DA IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS: ESTUDO DE CASO EM UMA IES

Sumara Rodrigues Ramos da Silva
Gabriela Da Costa Ribeiro
Antônio Lopes Nogueira da Silva
Fabiana da Silva Gomes Fialho

ESTUDO DE RENTABILIDADE ECONÔMICA DA IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS: ESTUDO DE CASO EM UMA IES

Sumara Rodrigues Ramos da Silva

Gabriela Da Costa Ribeiro

Antônio Lopes Nogueira da Silva

Fabiana da Silva Gomes Fialho

Resumo

A importância da preservação dos recursos naturais tem ganhado cada vez mais espaço em nosso dia a dia. Buscam-se incessantemente métodos e tecnologias que auxiliem para tal ação. Algumas medidas de preservação além de gerarem benefícios para o meio ambiente permitem retornos financeiros por meio de sua utilização. Este trabalho tem por objetivo demonstrar o estudo de viabilidade econômica da implantação de um sistema de captação, armazenamento e utilização da água da chuva para fins não potáveis em uma Instituição de Ensino Superior, por meio dos custos de aquisição do reservatório de armazenamento de água, visto que o mesmo é o componente mais caro do sistema. A metodologia utilizada consiste em estimar a média do consumo de água da Instituição de Ensino Superior e coletar os dados pluviométricos da região e a partir desses valores definir os percentuais de água potável que poderão ser substituídos por água da chuva com a implantação do projeto. A análise econômica foi realizada utilizando o método de Valor Presente Líquido (VPL), a Taxa Interna de Retorno (TIR) e o PayBack. Os resultados demonstraram que o projeto é viável e que é possível obter o retorno do investimento em 2 anos e 8 meses após a implantação do sistema, além de contribuir com a preservação do meio ambiente.

Palavras-chave: análise econômica, sistema de captação de água, aproveitamento de água pluvial

1. Introdução

Os recursos hídricos, além de serem a essência da vida humana, também é um pré-requisito importante que garante o desenvolvimento econômico e social de um país ou cidade. Devido à sobre-exploração cronicamente global, as crises da água começaram a surgir (MEN *et al.*, 2017).

Segundo Souza *et al.* (2016) vários estudos evidenciam o grande potencial da utilização de água da chuva para atividades de irrigação de jardins, limpeza de áreas externas, descargas, entre outras atividades que não necessitam da utilização de água potável, proporcionando assim, reduções significativas de gastos com água.

Atualmente, o estudo e a implantação de coleta de água no telhado, o chamado *roof water harvesting* (RWH) nas cidades, começa a ser considerada uma opção para reduzir o estresse hídrico (ENNENBACH *et al.*, 2018). Uma avaliação do potencial de RWH, feita por Rostad *et al.* (2016) mostra que o RWH poderia reduzir a demanda de água potável em mais de 65% e o escoamento de telhado em 75% das principais cidades dos Estados Unidos como Nova York, Filadélfia, Chicago e Seattle, assumindo uma área de captação de 100 m² e 5 m³ tanques de armazenamento.

Segundo Ashbolt *et al.* (2017), é necessário informação adicional em relação aos benefícios de viabilidade, custo e redução de riscos à saúde dos dispositivos de ponto de uso ou outras intervenções. Para Hamilton *et al.* (2018) os riscos devidos a patógenos oportunistas sugerem a usos de água para fins não potáveis, como exemplo a jardinagem.

O artigo tem como questão de pesquisa definir como aproveitar a água pluvial para redução dos custos fixos de uma empresa, bem como quais os benefícios da implantação do sistema de aproveitamento de águas pluviais.

O objetivo de pesquisa é apresentar a viabilidade econômica da implantação de um sistema de captação, armazenamento e uso de águas pluviais em um instituto de ensino superior (IES) para atividades de higienização que não necessitam de água potável.

O artigo apresenta uma revisão bibliográfica na seção 2 abrangendo o manejo de água nacional e internacionalmente, além de sistemas de captação de água e itens que envolvem engenharia econômica. Na seção 3 é apresentada a metodologia de pesquisa utilizada, enquanto que na seção 4 são revelados os resultados obtidos na pesquisa. Por fim, na seção 5 os comentários finais, bem como a conclusão da questão de pesquisa do artigo, são relatados.

2. Referencial teórico

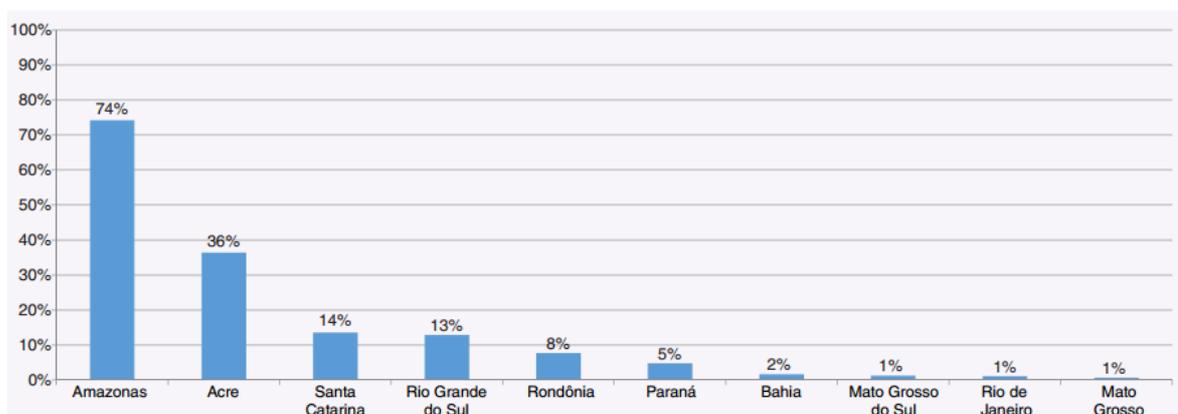
O problema com o manejo de água necessita de mais opções de abordagens, como por exemplo: programas inclusivos, incentivos para a participação da comunidade (não aplicando penalidades), introduzir abordagens de desenvolvimento, promoção de oportunidades de emprego e integração de tecnologias (ABELE, 2018). Para Motallebi *et al.* (2016) muitos programas de conservação aparentam ser atraentes no papel, mas os programas de conservação foram marginalizados devido os altos custos indiretos, além dos custos diretos para adotar uma prática de conservação.

A Agência Nacional das Águas – ANA (2016) realiza programas de incentivos de conservação da água, através de chamamentos públicos no Sistema de Convênios do Governo Federal (SICONV) a fim de selecionar propostas para o desenvolvimento de projetos e ações que auxiliem na gestão dos recursos hídricos no país disponibilizando apoio financeiro para os desenvolvimentos destas práticas.

O Brasil possui grande oferta de água, porém este recurso encontra-se distribuído de maneira heterogênea no território nacional, além das questões espaciais, no qual o regime fluvial sofre alterações durante o ano, devido ao regime de precipitações. Por estimativa, a disponibilidade hídrica no Brasil, varia em torno de 12.000 m³/s ou 22% da vazão média (ANA, 2016).

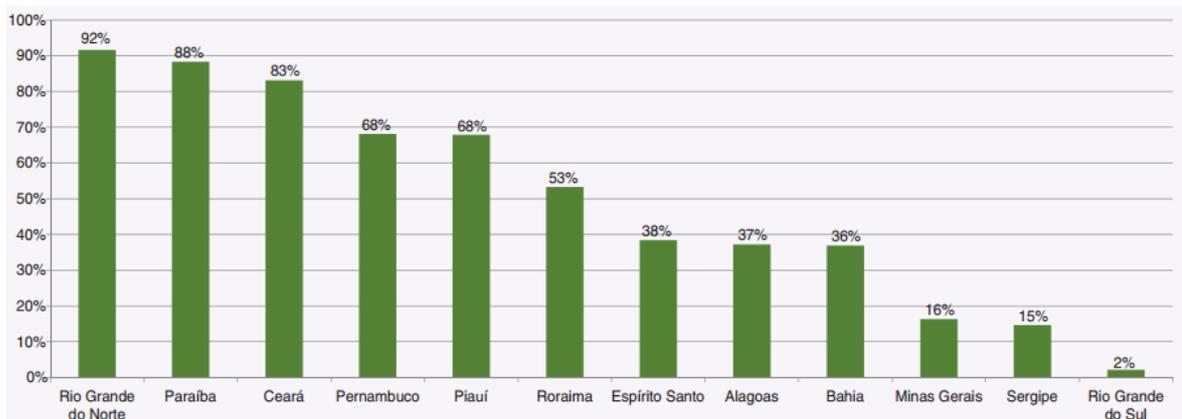
O Gráfico 1 apresenta os estados brasileiros que entram em situação emergencial pelo motivo das cheias, enquanto que o Gráfico 2 apresenta os estados que entram situação emergencial devido às secas. Essa análise demonstra como a água é distribuída de forma desigual nos diferentes estados do Brasil.

Gráfico 1 – Estados em situação emergencial devido às cheias



Fonte: ANA (2016)

Gráfico 2 – Estados em sistema emergencial devido a maiores secas



Fonte: ANA (2016)

De acordo com Campisano e Modica (2014), o funcionamento dos tanques de águas pluviais como parte dos sistemas RWH é afetado por diversas variáveis para avaliar a economia de água e a eficiência de retenção de águas pluviais. Para Huang *et al.* (2015), a distribuição espacial da área e do terreno do edifício é altamente divergente e complexo, em uma área de drenagem urbana.

Ghisi e Schondermark (2013) observaram que o uso da água da chuva seria economicamente viável para a maioria dos casos e quanto maior a demanda, maior a viabilidade. Em um estudo de RWH no Irã, para fornecer água não potável, Mehrabadi *et al.* (2013) descobriram que em um clima úmido, era possível fornecer cerca de 75% da demanda de água não potável. Sample *et al.* (2013) avaliaram o desempenho de um RWH em *Richmond, Virginia* (EUA), os resultados informaram que os usos da terra que fornecessem demandas maiores, seriam mais adequados.

2.1. Sistema de captação

Para Traboulsi e Traboulsi (2015), o projeto de um sistema de captação de água da chuva deve levar em consideração fatores como a área de cobertura contribuinte, os padrões de precipitação e o uso antecipado, como também o espaço disponível para armazenamento, custo e estética.

Um *first flush* também pode ser desviado por não ativar o sistema na primeira chuva. É bastante comum um cano para bombear a água da chuva acumulada no tanque de armazenamento de água através de um filtro de água (TRABOULSI; TRABOULSI, 2015).

2.2. Análise de investimento

De acordo com Cruz et al. (2015), os métodos que se refere à análise de investimento são empregados como fonte auxiliar na análise e avaliação de diversos tipos de decisões de marco econômico. Os métodos principais e mais comuns são: taxa interna de retorno (TIR), taxa mínima de atratividade (TMA), *payback* (PB) e valor presente líquido (VPL).

2.3. Valor presente líquido – VPL

O Valor Presente Líquido (VPL) se faz na resultância do agrupamento de toda quantia de um fluxo de caixa (FC), utilizando como taxa de desconto a taxa mínima de atratividade (TMA). A diferença entre os recebimentos e os pagamentos de todo o projeto são apresentados em valores monetários recentes. (LIMA et al., 2015).

2.4. Taxa mínima de atratividade – TMA

Para Lima et al. (2015), TMA é a melhor taxa de retorno visto que está associado a um baixo risco. Para os investidores individuais, pode-se usar a remuneração da conta de poupança. Na concepção das empresas, recomenda-se o valor da taxa de retorno em títulos públicos ou definido pela taxa da empresa. Portanto, pode-se considerar que o investimento só é viável quando a taxa de retorno for superior que a TMA.

2.5. Taxa interna de retorno – TIR

Segundo Barbieri et al. (2016), a TIR é uma taxa de juros que converte o valor presente das entradas de caixa similar em valor presente das saídas de caixa do investimento.

Para Martins et al. (2017), a TIR é a taxa que iguala o VPL a zero. Assim, se a TIR for superior a TMA do recurso investido, o projeto deve ser aceito; se for inferior, não deve ser aceito.

2.6. Período de retorno de investimento – *payback*

Para Lima et al. (2015), o *payback* retrata o prazo necessário para o retorno total do investimento. Ele pode ser avaliado como uma medida de risco, portanto, de acordo com o

aumento do prazo para devolução do capital investido, o risco vai crescendo.

Lima *et al.* (2013) propuseram variadas formas para estabelecer o valor do *payback* para projetos de investimentos. Tais formas são convenientes se o prazo total de pagamento favorece um período de falta.

2.7. Análise de sensibilidade

Para desempenhar a análise de sensibilidade, é essencial atingir o propósito de identificar o impacto das variáveis do sistema nos indicadores econômicos. Ela também é um mecanismo de medição de risco (LIMA *et al.*, 2015).

Lima *et al.* (2015), adicionaram algumas listagens para a análise de sensibilidade diante dos principais fatores que influenciam o desempenho econômico do projeto avaliado: antes de inviabilizar o projeto, analisar o aumento máximo admitido à TMA utilizada, o aumento máximo nos custos estimados, limitação máxima nas receitas esperadas e aumento máximo nos custos contabilizados e diminuição máxima nas receitas previstas.

3. Materiais e métodos

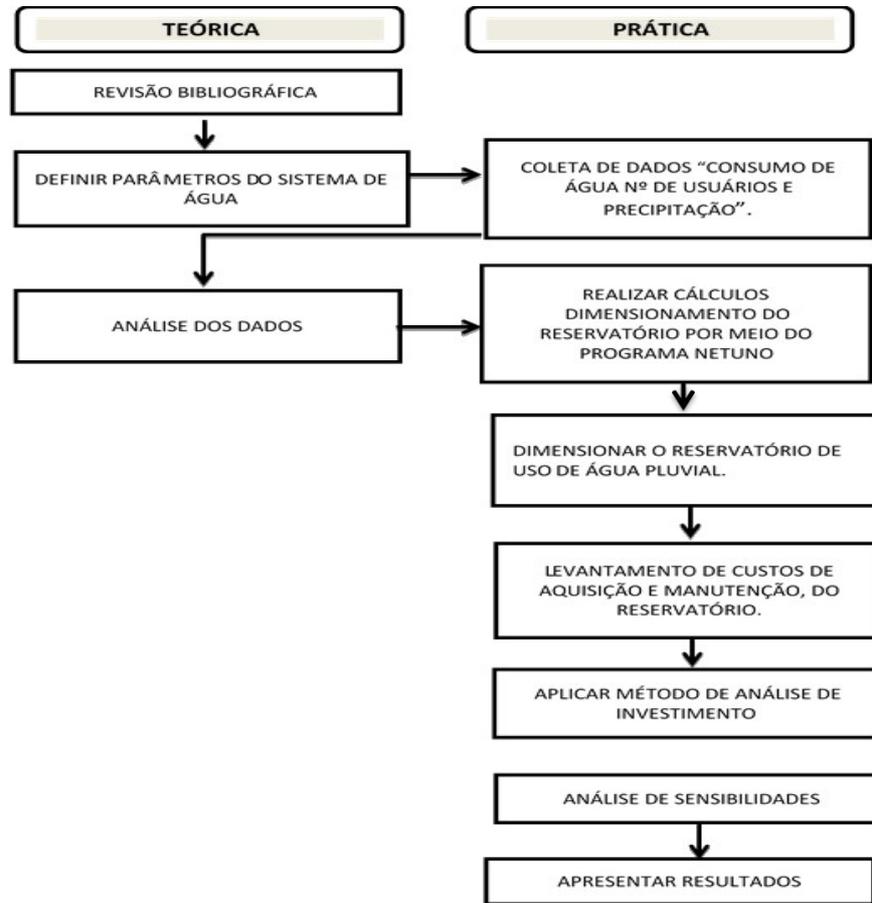
Para a realização dos cálculos de dimensionamento do reservatório foi utilizado o programa computacional Netuno, que possibilita a entrada de grande número de dados, possui maior versatilidade com a geração de gráficos e dispõe de funções que permitem exportar e importar dados de planilhas eletrônicas criadas no software MS Excel.

Após definir o volume do reservatório é necessário realizar cotações de diferentes tipos de reservatórios, bem como os custos de aquisição e manutenção do mesmo.

A próxima etapa consiste em aplicar os métodos de análise de investimento realizando o fluxo de caixa com as receitas geradas, por meio do investimento inicial, utilizando as ferramentas VPL, TIR, *payback* e análise de sensibilidade, por meio destas ferramentas é possível analisar criticamente se o investimento neste projeto é viável, se ele irá render lucros para a IES, e quanto tempo levará para que o valor investido retorne à IES.

Conforme mostra a Figura 1, a descrição da pesquisa consiste em duas etapas, a teórica e a prática.

Figura 1 – Fluxograma



Fonte: Autor

3.1. Coleta de dados

O programa Netuno indica o volume ideal de reservatório de armazenamento de água pluvial e o potencial de economia de água potável obtido pelo uso da água pluvial. Para a realização dos cálculos de dimensionamento do reservatório foi necessário a inserção dos dados pluviométricos da cidade de Lorena/SP, dos dados de demanda de usuários que utilizam o prédio, os valores de consumo de água da IES, da área de captação de água a ser utilizada, e o coeficiente de escoamento superficial.

Os dados pluviométricos foram fornecidos pelo Instituto de Meteorologia (INMET) disponibilizando os dados históricos diários de precipitação de chuvas na região do período de 01/01/1959 até 01/12/2013. A demanda de usuários do prédio foi definida por meio de coleta de dados de matrículas dos alunos que utilizam o prédio em estudo. Os valores de consumo de

água mensal da universidade foram fornecidos pelo setor financeiro da IES, com dados históricos de consumo dos últimos 7 meses. A área de captação do sistema foi definida levando em consideração a estrutura do prédio que oferece maior facilidade de acesso e isolamento, com área disponível para a implantação do reservatório de água. O coeficiente de aproveitamento é utilizado para representar o volume aproveitável de água pluvial após o desvio de escoamento inicial para descarte de folhas e detritos, e também as perdas por absorção e evaporação da água pluvial ao atingir a superfície de captação. Nesta pesquisa utilizou-se coeficiente de aproveitamento de 80%, ou seja, 20% de perdas no processo de captação da água pluvial.

A Figura 2 mostra os dados de consumo de água da IES:

Figura 2 – Consumo de água da IES

Mês	Ano	Consumo (m³)
Março	2017	56
Abril	2017	78
Maió	2017	89
Junho	2017	81
Julho	2017	122
Agosto	2017	53
Setembro	2017	72
Média consumo		78,71

Fonte: Autor

Os dados de consumo de água per capita são descritos na Figura 3:

Figura 3 – Consumo de água per capita

Consumo predial diário	
Tipo de edificação	Consumo (litros/dia)
Edifícios públicos ou comerciais	80 litros per capita
Escola (Externatos)	50 litros per capita
Escolas (Internatos)	150 litros per capita
Escolas (semi- internatos)	100 litros per capita
Consumo adotado	50 litros per capita/dia

Fonte: Botelho e Junior (2014)

3.2. Estudo de viabilidade econômica

O estudo de viabilidade econômica leva em consideração os custos envolvidos no projeto e o montante de benefícios do mesmo, servindo de subsídio para os cálculos de valor futuro, que consiste na representação do valor atual de um investimento inicial, obtido por meio da soma dos fluxos de caixas anual, descontados a uma taxa de juros. Os cálculos envolvem custo de aquisição do reservatório, valor de consumo de água anual (receita), manutenção (limpeza do reservatório), a taxa de juros (SELIC) e período de vida útil. O resultado do fluxo de caixa descontado acumulado ao final do último ano da vida útil do reservatório é o valor presente líquido (VPL), sendo que se positivo, representa que o projeto é viável.

É necessário fazer o cálculo da Taxa Interna de Retorno (TIR), que consiste numa taxa de juros com a qual o valor presente de um fluxo de caixa futuro que está sendo analisado, se iguala ao valor presente do investimento.

O *payback* é obtido por meio da interpolação dos valores de transição do fluxo de caixa acumulado negativo para o positivo.

3.3. Cálculos de fluxo de caixa

Para a elaboração dos cálculos foi necessário a utilização dos dados da Figura 4:

Figura 4 – Fluxo de caixa

Investimento inicial + frete	R\$ 7.840,00
Receita	R\$ 6.032,40
Manutenção anual	R\$ 2.800,00
Fluxo de caixa	R\$ 3.232,40
Taxa de juros (SELIC)	8,15%
Vida útil reservatório	15 anos

Fonte: Autor

O valor do investimento inicial é o custo da aquisição do reservatório somado ao frete de entrega, que foi obtido por meio de cotação de preços com empresas da região.

A receita foi obtida por meio da multiplicação entre o número de usuários, consumo diário, e dias de utilização, chegando a um valor de consumo médio mensal. Este valor foi inserido no programa Netuno juntamente com percentual de demanda de água a ser substituída por água

pluvial de 40%, gerando assim percentual de aproveitamento capaz de ser armazenado em um reservatório de 25.000 litros. O percentual encontrado é transformado em m³ e realizado os cálculos de valor a ser pago por cada m³ de água, chegando ao valor total mensal de R\$ 502,70, que multiplicado por 12 meses resulta em R\$ 6.032,40.

O valor de manutenção apresentado é resultado de uma pesquisa com prestadores de serviços de limpeza de caixa d'água, localizados na região, levando em consideração que cada tipo de material de reservatório tem seu valor específico.

Baseado nos valores descritos foi possível realizar os cálculos do valor presente líquido (VPL), da taxa interna de retorno (TIR) e do período de retorno do investimento (*payback*).

4. Resultados e comentários

Os dados de entrada para a realização do cálculo do fluxo de caixa foram os valores de investimento inicial de R\$ 7.840,00, sendo ele uma despesa, seguido da receita (utilizando 420 usuários do local de estudo á um consumo diário de 50 litros de água per capita, em 26 dias úteis, obtendo um total de 546.000 litros de água no mês, visando economia de 40%, obtendo um percentual de aproveitamento de 9,17%, que resulta em uma economia de 20m³ de água) R\$ 502,07 economia mensal, e R\$ 6.032,40 anual. Utilizando o custo de manutenção de R\$ 2.800,00 anual e o fluxo de caixa (receita – manutenção) R\$ 3.232,40, a uma taxa SELIC de 8,15% (dado de Outubro de 2017).

A distribuição das receitas e despesas no fluxo de caixa é representada na Figura 5:

Figura 5 – Representação do fluxo de caixa

Ano	Receita	Despesa
0	R\$ 0,00	R\$ 7.840,00
1	R\$ 6.032,40	R\$ 2.800,00
2	R\$ 6.032,40	R\$ 2.800,00
3	R\$ 6.032,40	R\$ 2.800,00
4	R\$ 6.032,40	R\$ 2.800,00
5	R\$ 6.032,40	R\$ 2.800,00
6	R\$ 6.032,40	R\$ 2.800,00
7	R\$ 6.032,40	R\$ 2.800,00
8	R\$ 6.032,40	R\$ 2.800,00
9	R\$ 6.032,40	R\$ 2.800,00
10	R\$ 6.032,40	R\$ 2.800,00
11	R\$ 6.032,40	R\$ 2.800,00
12	R\$ 6.032,40	R\$ 2.800,00
13	R\$ 6.032,40	R\$ 2.800,00
14	R\$ 6.032,40	R\$ 2.800,00
15	R\$ 6.032,40	R\$ 2.800,00

Fonte: Autor

Realizados os cálculos do fluxo de caixa anual, que consiste na subtração da receita pela despesa, faz-se o cálculo do fluxo de caixa acumulado, que é a somatória do período anterior, mais o fluxo de caixa do período atual. Os resultados obtidos são relacionados na Figura 6:

Figura 6 – Fluxo de caixa acumulado

Ano	FC	FCA
0	-R\$ 7.840,00	-R\$ 7.840,00
1	R\$ 3.232,40	-R\$ 4.607,60
2	R\$ 3.232,40	-R\$ 1.375,20
3	R\$ 3.232,40	R\$ 1.857,20
4	R\$ 3.232,40	R\$ 5.089,60
5	R\$ 3.232,40	R\$ 8.322,00
6	R\$ 3.232,40	R\$ 11.554,40
7	R\$ 3.232,40	R\$ 14.786,80
8	R\$ 3.232,40	R\$ 18.019,20
9	R\$ 3.232,40	R\$ 21.251,60
10	R\$ 3.232,40	R\$ 24.484,00
11	R\$ 3.232,40	R\$ 27.716,40
12	R\$ 3.232,40	R\$ 30.948,80
13	R\$ 3.232,40	R\$ 34.181,20
14	R\$ 3.232,40	R\$ 37.413,60
15	R\$ 3.232,40	R\$ 40.646,00

Fonte: Autor

Para efetuar os cálculos do Fluxo de Caixa Descontado, foi utilizada a taxa atual da SELIC de 8,15%, obtida por meio do site do Banco Central do Brasil. Logo após obter os valores de fluxo de caixa descontado, foram realizados os cálculos de fluxo de caixa descontado acumulado, que é a somatória do período anterior, mais o fluxo de caixa descontado do período atual, como mostra a Figura 7:

Figura 7 – Fluxo de caixa acumulado descontado

Ano	FCD	FCDA
0	-R\$ 7.840,00	-R\$ 7.840,00
1	R\$ 2.988,81	-R\$ 4.851,19
2	R\$ 2.763,58	-R\$ 2.087,61
3	R\$ 1.857,20	R\$ 467,71
4	R\$ 2.362,76	R\$ 2.830,47
5	R\$ 2.184,70	R\$ 5.015,17
6	R\$ 2.020,07	R\$ 7.035,24
7	R\$ 1.867,84	R\$ 8.903,08
8	R\$ 1.727,08	R\$ 10.630,16
9	R\$ 1.596,93	R\$ 12.227,09
10	R\$ 1.476,59	R\$ 13.703,68
11	R\$ 1.365,32	R\$ 15.069,00
12	R\$ 1.262,43	R\$ 16.331,43
13	R\$ 1.167,29	R\$ 17.498,72
14	R\$ 1.079,33	R\$ 18.578,05
15	R\$ 997,99	R\$ 19.576,04

Fonte: Autor

O valor presente líquido é o resultado obtido no fluxo de caixa descontado acumulado, no último ano de vida útil do reservatório. Para obter o valor da TIR no MS Excel, o comando utilizado é dado por “=TIR (;)”, chegando ao resultado de 41% sendo então maior que a taxa da TMA. Para a obtenção do *payback*, foi feito a interpolação dos períodos 2 e 3, onde há a transição do valor negativo para o valor positivo, como apresentado na Tabela 10, no qual obtivemos um período de 2 anos e 8 meses para começar a ter o retorno do investimento.

Figura 8 – Resultado do projeto

VPL	R\$ 19,576,04
TIR	41%
PAYBACK	2 anos e 8 meses
STATUS DO PROJETO	<u>VIÁVEL</u>

Fonte: Autor

O valor presente líquido é o resultado do fluxo de caixa descontado acumulado ao fim do último ano de vida útil do reservatório, com uma taxa de retorno de 41%, ou seja, maior que a TMA e o período de retorno de investimento de 2,8 anos, demonstra que o projeto é viável. Chegando a esse resultado, faz-se necessário a análise de sensibilidade, na qual é possível alterar algumas variáveis para entender onde elas impactam no resultado econômico, e até que ponto o projeto é viável.

Na primeira análise de sensibilidade foi criado um cenário otimista, no qual apresenta uma taxa de juros (SELIC) mais baixa, obtida por meio da média dos últimos 15 anos, dados disponíveis no site do Banco Central, e o custo de manutenção alto, calculados de acordo com a média do valor mais elevado de ajuste INPC dos últimos 15 anos. A média da menor taxa SELIC dos últimos 15 anos foi de 8,27% e o custo de manutenção do reservatório foi de R\$ 2.800,00 para R\$ 2.940,00. Para a elaboração do melhor cenário, também alteramos o número de usuários do prédio em estudo em 30% a menos que a quantidade atual, ou seja, 294 usuários utilizando o sistema. O percentual de aproveitamento de água pluvial também variou de 40% para 50%, resultando num potencial de economia de 12,82%. Com estes dados, foi possível realizar a análise da viabilidade do projeto, diante deste cenário otimista, resultado nos seguintes valores conforme Figura 9:

Figura 9 – Resultado do projeto com a SELIC baixa

VPL	R\$ 22.141,95
TIR	45%
PAYBACK	2 anos e 5 meses
<u>STATUS DO PROJETO</u>	<u>VIÁVEL</u>

Fonte: Autor

Os resultados obtidos demonstram que alterando as variáveis descritas, o projeto continua sendo viável. Feito isto, foi criado um cenário pessimista, no qual o custo de manutenção continua elevado à média de maior taxa INPC dos últimos 15 anos (R\$ 2.940,00), com a média da taxa de juros SELIC mais alta dos últimos 15 anos (19,13%), a uma quantidade de número de usuário (30%) maior que o primeiro cenário (546 usuários), com o objetivo de percentual de demanda de água pluvial a ser economizada de 20%, retornando um potencial de aproveitamento de água pluvial de 6,48%. Realizado os cálculos para análise deste cenário, obtivemos os seguintes dados conforme a Figura 10:

Figura 10 – Resultado do projeto com a SELIC alta

VPL	R\$ 1.940,80
TIR	25%
PAYBACK	7 anos e 7 meses
STATUS DO PROJETO	<u>VIÁVEL</u>

Fonte: Autor

Os resultados demonstram que mesmo com o pior cenário descrito acima, o projeto ainda continua sendo viável.

5. Considerações finais

A partir das informações apresentadas a pesquisa demonstra a importância de uma análise de viabilidade econômica em um investimento de capital antes de sua execução, a fim de predefinir os riscos e incertezas contidos no projeto, bem como a apresentação da geração de lucratividade ou prejuízo em um determinado tempo planejado, auxiliando assim o investidor nas tomadas de decisões.

Com base nos resultados gerados por todos os indicadores de análise econômica constata-se que o investimento é viável, ressalta-se que o capital investido será compensado pelos fluxos de caixa descontados, com o retorno após o período 2 anos e 8 meses.

Assim, com base nos dados analisados a IES possui informações embasadas em indicadores financeiros que permitem uma análise de viabilidade em adquirir um reservatório de água para um sistema de captação de água pluvial.

A pesquisa contribuiu para demonstrar que os projetos, além de fazer a análise técnica devem levar em consideração a análise econômica do mesmo, e como ferramenta de critérios de avaliação de investimento ajudam na tomada de decisão dentro das questões de sustentabilidade, provando assim a relação entre as áreas.

As sugestões para os trabalhos futuros é que se faça além da análise do investimento da aquisição do reservatório, analise também os valores necessários para a implantação de todo o sistema de captação de água pluvial, incluindo a parte técnica do projeto.

Portanto é visto que o projeto é viável, proporcionando redução dos custos de consumo de água da IES.

REFERÊNCIAS

ABELE, STEFFEN; FLOQUET, ANNE; COCHRANE, LOGAN; ADGO, ENYEW; HAREGEWEYN, NIGUSSIE; TSUNEKAWA, ATSUSHI; NIGUSSIE, ZERIHUN. Applying Ostrom's institutional analysis and development framework to soil and water conservation activities in north-western Ethiopia. ELSEVIER – Land Use Policy, v. 71, 1-10. February 2018.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUA (ANA) Ministério do Meio Ambiente, Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil informe 2016. Brasília Distrito Federal ANA 2016.

ASHBOLT, NICHOLAS; JAHNE, MICHAEL; SCHOEN, MARY; GARLAND, JAY. Risk-based enteric pathogen reduction targets for non-potable and direct potable use of roof runoff, stormwater, and greywater. Microb. Risk Anal. V. 5, p. 32–43. 2017.

BARBIERI, RAYNER SVERSUT; DE CARVALHO, JAQUELINE BONFIM; SABBAG, OMAR JORGE. Análise de viabilidade econômica de um confinamento de bovinos de corte. INTERAÇÕES. Campo Grande/MS, v. 17, n. 3, p. 357-369. 2016.

BOTELHO, MANOEL HENRIQUE CAMPOS; JUNIOR, GERALDO ANDRADE RIBEIRO. Instalações hidráulicas prediais utilizando tubos plásticos. 4ªed. São Paulo/SP. Editora Edgard Blücher Ltda. 2014. P. 56.

CAMPISANO, A.; MODICA, C. Selecting time scale resolution to evaluate water saving and retention potential of rainwater harvesting tanks. ELSEVIER – Procedia Engineering - 12th International Conference on Computing and Control for the Water Industry, CCWI2013, v. 70, p. 218-227. 2014.

CRUZ, VITOR NUNES; FERNANDES, JUNE MARQUES; REIS, LUCIANA PAULA. Análise do processo de substituição de equipamentos por meio do método CAUE em uma mineradora de grande porte. UFOP – Universidade Federal de Ouro Preto. 2015. ENEGEP.

ENNENBACH, MOUNIR WILLIAM; LARRAURI, PAULINA C.ONCHA; LALL,

UPMANU. County-scale rainwater harvesting feasibility in the United States: climate, collection area, density, and reuse considerations. *Journal of the American Water Resources Association (JAWRA)*, v. 54, n. 1: p. 255-274. February 2018.

GHISI, ENEDIR; SCHONDERMARK, PEDRO NEVES. Investment feasibility analysis of rainwater use in residences. *Water Resour. Manag.* 2013.

HAMILTON, KERRY; PARRISH, KERRIANNE; AHMED, WARISH; HAAS, CHARLES. Assessment of Water Quality in Roof-Harvested Rainwater Barrels in Greater Philadelphia. *MDPI – Water*, ed. 2, v. 10, n. 92. February 2018.

HUANG, CHIEN LIN; HSU, NIEN SHENG; WEI, CHIH CHIANG; LUO, WEI JIUN. Optimal Spatial Design of Capacity and Quantity of Rainwater Harvesting Systems for Urban Flood Mitigation. *MDPI – Water*, ed. 9, v. 7, p. 5173-5202. September 2015.

LIMA, JOSÉ DONIZETTI DE; SCHEITT, LUIZ CARLOS; BOSCHI, TACIANE FÁTIMA; SILVA, NÉZIO JOSÉ; MEIRA, ADEMAR ALVES; DIAS, GABRIEL HISS. Uma proposta de ajuste no cálculo do payback de projetos de investimentos financiados. *Custos e agronegócio Online*, v. 9, n. 4. p. 162-180. 2013.

LIMA, JOSÉ DONIZETTI DE; TRENTIN, MARCELO GONÇALVES; OLIVEIRA, GILSON ADAMCZUK; BATISTUS, DAYSE REGINA; SETTI, DALMARINO. A systematic approach for the analysis of the economic viability of investment projects. *Int. J. Engineering Management and Economics*. v. 5, n. 1 p. 19-34. February 2015.

MARTINS, LUÍS OSCAR SILVA; SILVA, LEANDRO TEIXEIRA; VELAME, JAILDA LIMA. Análise da viabilidade econômica e financeira da implantação de usina de geração de energia a partir de resíduos sólidos urbanos no município de Santo Antônio de Jesus – BA. *Revista Livre de Sustentabilidade e Empreendedorismo*, v. 2, n. 2, p. 142-166. 2017.

MEHRABADI, MOHAMMAD .HOSSEIN; SAGHAFIAN, BAHRAM; FASHI, FERESHTE HAGHIGHI. Assessment of residential rainwater harvesting efficiency for meeting non-potable water demands in three climate conditions. *Resour. Conserv. Recycl.* p. 86–93.2013.

MEN, BAOHUI; LIU, HUANLONG; TIAN, WEI; LIU, HAOYUE. Evaluation of Sustainable Use of Water Resources in Beijing Based on Rough Set and Fuzzy Theory. MDPI – Water, Beijing, China, v. 9, n. 11. 2017.

MOTALLEBI, MARZIEH; O’CONNELL, CAELA; HOAG, DANA; OSMOND, DEANNA. Role of Conservation Adoption Premiums on Participation in Water Quality Trading Programs. MDPI – Water, ed. 6, v. 8, n. 245. June 2016.

ROSTAD, NATHAN; FOTI, ROMANO; MONTALTO, FRANCO. Harvesting Rooftop Runoff to Flush Toilets: Drawing Conclusions from Four Major US Cities. Resources, Conservation and Recycling. V. 108, p. 97-106. 2016.

SAMPLE, DAVID; LIU, JIA; WANG, SAI. Evaluating the dual benefits of rainwater harvesting systems using reliability analysis. J. Hydrol. V 18, p. 1310–1321. 2013

SOUZA, JULIANA FRANCISCO; NETO, MIGUEL RASCADO FRAGUAS; SOUZA, M.ARCO ANTONIO SOARES; VENEU, DIEGO MACEDO. Aproveitamento de água de chuva para usos não potáveis na Universidade Severino Sombra. 2016. 12f. Artigo (Graduação Engenharia Ambiental) Universidade Severino Sombra, Vassoura/RJ 2016.

TRABOULSI, HAYSSAN; TRABOULSI, MARWA. Rooftop level rainwater harvesting system. APPLIED WATER SCIENCE, ed. 2, v. 7, p. 769-775, May 2017.

Capítulo 15

GESTÃO DE FORNECEDORES SUSTENTÁVEIS E O PROCESSO DE TOMADA DE DECISÃO ANALÍTICA E COMPORTAMENTAL: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

Eliciane Maria Silva
Mayra Oliveira Ramos

GESTÃO DE FORNECEDORES SUSTENTÁVEIS E O PROCESSO DE TOMADA DE DECISÃO ANALÍTICA E COMPORTAMENTAL: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

Eliciane Maria Silva
Mayra Oliveira Ramos

Resumo

O objetivo deste artigo é examinar a literatura sobre a gestão de fornecedores sustentáveis, teoria de decisão comportamental e modelos analíticos de apoio à decisão. Foi realizada uma revisão sistemática da literatura. Encontrou-se uma pesquisa atual que analisa riscos relacionados à sustentabilidade e os modelos de decisão empregaram lentes teóricas sobre gerenciamento de riscos, partes interessadas e responsabilidade social corporativa. Além disso, estudos combinam mais de um método para tomada de decisão, como análise difusa e envoltória de dados (DEA); design de função de qualidade e processo de rede analítica; análise de cenários *Fuzzy* e *Stackelberg*. Este artigo traz discussões sobre lentes teóricas na literatura atual nos modelos analíticos sustentáveis de gestão de risco e apoio à decisão de fornecedores. Esta contribuição pode ser considerada um dos primeiros esforços na sistematização da literatura sobre SRM relacionada à sustentabilidade através das lentes teóricas da teoria da decisão comportamental e modelos analíticos de apoio à decisão.

Palavras-chave: tomada de decisão, teoria comportamental, fornecedor sustentável, gestão de risco, modelo analítico.

1. Introdução

Um desafio fundamental para as empresas é a cadeia de suprimentos poderosa de longo prazo, que são unidades interdependentes que podem influenciar a atenção e o desempenho de cada um, o que significa que as empresas de sustentabilidade têm mais membros da cadeia de fornecimento, que podem ser responsabilizados pelo meio ambiente e social no desempenho de seus fornecedores (SEURING; MULLER, 2008; KYLE; RUGGIE, 2005).

Atualmente, com o aumento das atividades de terceirização para fornecedores, é comum que as cadeias de suprimentos gerem um valor agregado de mais de 80% do produto (HARTLEY; CHOI, 1996). Como consequência, o relacionamento entre compradores e fornecedores tem se tornado cada vez mais crítico para o sucesso das empresas (HANDFIELD et al., 2002).

Os decisores podem desenvolver modelos com critérios quantitativos e qualitativos. De Boer et al. (2001) revisaram a literatura sobre seleção de fornecedores e encontraram vários modelos racionais normativos, como AHP, ANP, MCDA e MILP. Wu e Barnes (2011), na revisão posterior, observaram uma tendência de pentear modelos com critérios quantitativos e qualitativos, nos quais havia abordagem de conjuntos *fuzzy* e hierarquia analítica/processo de rede. Esses autores evidenciam que os tomadores de decisão precisam de estratégias qualitativas que podem ser combinadas com estratégias de otimização.

Alexander et al. (2014) revisaram 160 artigos e modelos classificados como pertencentes a contextos não estruturados (comportamentais/contingentes) ou contextos estruturados (racional/universal), que podem ser denominados abordagens normativas comportamentais e empíricas racionais, respectivamente.

Apesar de pesquisas sobre modelos formais de apoio à decisão na seleção de fornecedores, monitoramento de fornecedores e desenvolvimento de fornecedores terem aumentado nos últimos anos (Seuring, 2013, Brandenburg et al., 2014, Zimmer et al., 2016), é necessário sistematizar as principais contribuições e lições do campo através de uma revisão sistemática e abrangente. Portanto, a seguinte questão de pesquisa é considerada: Que tipos de métodos têm sido usados em modelos de apoio à decisão para o gerenciamento sustentável da cadeia de fornecedores e como eles se desenvolveram com o tempo? Ao responder a essa pergunta, nosso objetivo é conduzir uma revisão sistemática da teoria da decisão comportamental e dos modelos analíticos de apoio à decisão na gestão sustentável da cadeia de fornecedores.

2. Metodologia e procedimentos

Seguindo a abordagem sistemática de Tranfield et al. (2003), primeiramente, foi realizada uma busca primária na base de dados *Scopus* utilizando as palavras "*behavioral*", "*decision making*" e "*supply chain*". Para as demais pesquisas realizadas nas páginas web de cada periódico específico, utilizamos: ("tomada de decisão" AND "cadeia de suprimentos" AND "sustentabilidade" OR "ética" OR "reputação" OR "comportamento").

Foram determinados cinco critérios de exclusão, dois deles baseados em Alexander et al. (2014): (a) relevância semântica e (b) relevância para o problema de pesquisa. Por exemplo, incluem artigos que enfocam o gerenciamento sustentável da cadeia de suprimentos e da tomada de decisões. E os outros três critérios em Brandenburg e Rebs (2015); (c) manuscritos empíricos usando abordagens estatísticas para avaliar relações causais foram excluídos da análise; (d) publicações puramente econômicas não foram consideradas; (e) publicações puramente de educação/aprendizagem não foram consideradas.

Na coleta de dados, investigamos 36 artigos presentes em Seuring (2013) em detalhe. Em seguida, selecionamos o banco de dados *Scopus* e encontramos periódicos científicos que continham a maioria dos artigos publicados sobre gestão sustentável de cadeia de suprimentos (Seuring, 2013, Brandenburg et al., 2014): Decision Support Systems (DSS), European Journal of Operational Research (EJOR), International Journal of Production Economy (IJPE), International Journal of Production Research (IJPR) e Journal of Cleaner Production (JCLP). Além disso, foram realizadas buscas complementares em revistas científicas sobre gestão da cadeia de suprimentos. Inicialmente, foram encontrados 1.148 acessos no total, conforme mostra a Tabela 1, indicando o número de artigos encontrados após a busca e o número de artigos selecionados.

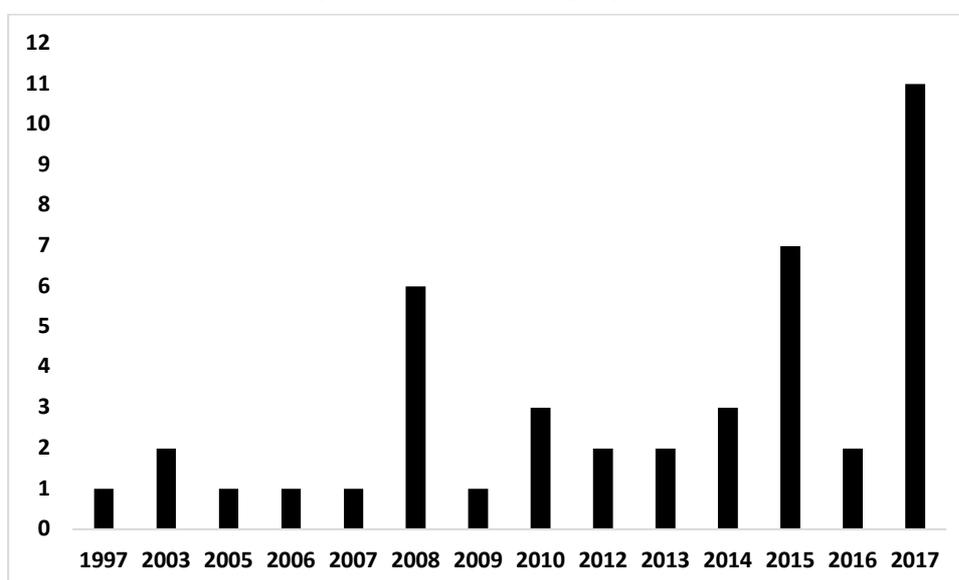
Tabela 1 - Método de Coleta

Fonte	Resultados da pesquisa (nº de artigos)	Número de artigos selecionados
Scopus	167	4
Seuring (2013)	36	14
International Journal of Production Research (IJPR)	108	6
International Journal of Logistics Research (IJLR)	52	1
Supply Chain Management: an international journal	11	2
International Journal of Physical Distribution & Logistics Management (IJPDLM)	142	1
Journal of Supply Chain Management (J Supply Chain Manag)	57	2
International Journal of Production Economics (IJOPE)	32	3
European Journal of Operational Research (EJOR)	6	1
Journal of Cleaner Production (jclepro)	454	13
Decision Support Systems (DSS)	83	1
Total	1148	48

3. Análise e achados da revisão da literatura

Os 33 artigos publicados entre os anos de 2013 e 2017 são em sua maioria do International Journal of Production Research, do Journal of Cleaner Production e do International Journal of Production Economics (Tabela 2). O ano de 2017 destaca-se entre os demais como o ano com maior número de publicações (12) sobre o tema estudado. A seguir estão os anos de 2015, com 8 publicações e 2008 com 6. No ano de 2008, 83,33% dos artigos são exemplos numéricos, diferentes dos anos de 2015 e 2017 que têm a maioria (90%) constituída de artigos classificados como dados empíricos.

Figura 1 - Número de artigos por ano



Dos artigos classificados como dados Empíricos, 90% deles foram abordados, com as dimensões de sustentabilidade (Tabela 2). A dimensão ambiental prevaleceu. Para o exemplo numérico, econômico e ambiental prevalecem. A partir dos resultados é possível destacar que a dimensão social é a menos estudada quando comparada às demais (econômica e ambiental).

Tabela 2 - Dimensões da sustentabilidade

Dimensões da Sustentabilidade	Número de artigos (n=48)
Econômica e Social	2
Econômica e Ambiental	9
Econômica, Ambiental e Social	11

Ambiental	16
Ambiental e Social	6
Social	4

A Tabela 3 mostra o número de artigos encontrados para cada tipo de pesquisa, e a Tabela 4 apresenta a definição para cada tipo de busca utilizada neste artigo.

Tabela 3 - Tipo de pesquisa

Tipo de Pesquisa	Número de artigos (n=48)
Comportamental empírico	1
Comportamental empírico e normativo racional (tomada de decisão prescritiva)	9
Conceitual	5
Normativo racional	33

Tabela 4 -Definição do tipo de pesquisa no SSCM.

Comportamental empírico	Estudos com modelos descritivos em contexto não estruturado-complexo ou não-estruturado-caótico. Esses estudos analisam fatores cognitivos ou contexto social em CME (BUSSE et al., 2017; FRENCH et al., 2009; KULL et al., 2014).
Normativo racional	Estudos com modelos normativos em contexto estruturado-complicado e estruturado-simples. Os decisores têm o conhecimento do problema, visão clara e habilidades suficientes para otimizar as escolhas dos fornecedores (FREITAS; MAGRINI, 2013; RUBINSTEIN, 1998).
Comportamental empírico e normativo racional (tomada de decisão prescritiva)	Os estudos apresentam tomadas de decisão prescritivas, incluindo modelos descritivos e normativos (WU; BARNES, 2011; ALEXANDER, 2014).
Conceitual	Estudos com uma estrutura conceitual sobre revisão teórica sem pesquisa empírica.

Entre os 33 artigos classificados como racional normativo, o desenvolvido por Kamalahmadi e Mellat-Parast (2016) examinou a alocação ótima de demanda através de um conjunto de fornecedores em uma cadeia de suprimentos. Os autores usam o modelo de programação inteira mista de dois estágios para análise de seleção de fornecedor e alocação de demanda com seleção de canal de transporte para mitigar interrupções e impacto ambiental. Eles empregaram análise sensível para examinar como a flexibilidade e a confiabilidade dos fornecedores podem afetar os resultados da seleção e alocação de fornecedores. Os resultados sugerem que desenvolver planos de contingência usando flexibilidade na capacidade de produção dos fornecedores é uma estratégia eficaz para as empresas atenuarem a gravidade das interrupções. Geralmente, os fornecedores altamente flexíveis recebem menos alocação e sua capacidade flexível é reservada para interrupções.

Entre os papéis comportamentais empíricos e racionais normativos (prescritivos), Hirsch e Meyer (2010) desenvolveram um modelo de decisão empregando teoria dos jogos, economia de custos de transação e construtos de reputação e valores éticos como direcionadores da redução da incerteza comportamental sobre o risco de comportamento oportunista do parceiro. Como resultado, foi concebida uma árvore de decisão que especifica a noção de incerteza comportamental e, de acordo com a estrutura delineada, um tomador de decisões pode considerar sucessivamente o impacto de três componentes diferentes que influenciam a incerteza comportamental nas relações cooperativas: (1) benefícios financeiros do oportunismo, (2) reputação e (3) valores éticos.

Hall et al. (2012) argumentam que a cadeia de suprimentos sustentável é conceituada como sistemas complexos, porque existem muitas variáveis que interagem. Envolve a coordenação dos membros da cadeia de suprimentos e as interações entre elementos financeiros, ambientais e sociais. Por exemplo, o risco econômico, social e ambiental pode envolver riscos ambíguos, já que as partes interessadas podem ter diferentes interpretações. Esses autores utilizaram a teoria de Kaufman para analisar as interações entre elementos sustentáveis na cadeia de suprimentos brasileira de petróleo e gás, etanol de cana-de-açúcar e biodiesel. Eles descobriram que setores como petróleo e gás têm uma propensão a serem socialmente exclusivos, enquanto o biodiesel é potencialmente inclusivo socialmente, mas também se depara com pressões econômicas que podem ser à custa do desempenho social e ambiental.

Jakhar (2015) desenvolveu medidas sustentáveis de desempenho da cadeia de suprimentos e propôs um modelo de tomada de decisões de seleção de parceiros e alocação de fluxo. Utilizou-se a modelagem de equações estruturais, a teoria fuzzy e o método AHP e a

programação linear multi-objetivo. Eles argumentaram que há uma necessidade de métodos abertos com problemas de sustentabilidade menos estruturados enfrentados por gestores e formuladores de políticas. Esta pesquisa envolveu uma pesquisa de 278 executivos e um estudo de caso em um fabricante indiano de vestuário. Os resultados do modelo permitem que os gerentes tomem decisões sobre estratégias apropriadas com base em uma análise de custo/benefício dos *trade-offs* apresentados.

Yang e Xiao (2017) investigaram intervenções de liderança de canal e intervenção governamental sobre as decisões de precificação e nível verde de uma cadeia de suprimento verde. Eles usam três cenários: Fabricante Stackelberg, Retailer Stackelberg e Vertical Nash, empregando a teoria fuzzy e de jogos. Como resultados, os autores definiram que para encorajar o fabricante a passar por um processo ecológico, um contrato de compartilhamento de custos de investimento verde pode ser necessário.

Yazdani et al. (2017) empregaram um modelo de implantação de função de qualidade para identificar o grau de relacionamento entre os critérios de seleção de fornecedores e os requisitos do cliente. Esses autores desenvolveram uma abordagem integrada para avaliar o desempenho do fornecedor e selecionar o melhor fornecedor para uma renomada empresa de laticínios iraniana. Além disso, eles usam as técnicas matemáticas DEMATEL, COPRAS e MOORA. Com base nos resultados, constata-se que o forte compromisso de gestão é a principal força motriz dos desenvolvimentos sustentáveis em infraestrutura, instalações e qualidade.

Com relação aos artigos conceituais, Bai e Sarkis (2010) introduziram o modelo formal usando a teoria dos conjuntos aproximados para investigar as relações entre atributos organizacionais, atributos de envolvimento do programa de desenvolvimento de fornecedores e resultados de desempenho. Como resultados, os autores explicam que, mesmo com limitações práticas e metodológicas e com a preocupação de que a teoria dos conjuntos grosseiros é um campo relativamente novo, as variações de abordagens estão em constante crescimento à medida que o campo amadurece. Está se tornando uma ferramenta poderosa para tomadores de decisão e pesquisadores, especialmente em ambientes complexos de decisão associados à sustentabilidade e ao *greening*.

Ni e Li (2012) apresentam um trabalho conceitual com um exemplo numérico que utiliza a análise teórica de jogos para investigar a interação de fornecedores no comportamento da Corporate Social Responsibility (CSR). Os autores concluíram que esta pesquisa ajuda a entender como as empresas interagem umas com as outras no que diz respeito à sua conduta

de CSR. Conforme declarado nas configurações básicas do modelo, a assimetria de informação não é considerada para o orçamento de CSR ou eficiência operacional.

Muduli et al. (2013) identificaram e classificaram os fatores comportamentais que afetam a implementação do Green Supply Chain Management (GSCM) em cadeias de suprimentos de mineração usando modelagem estrutural interpretativa para extrair as inter-relações entre os fatores comportamentais identificados. O artigo concluiu que o suporte da alta gerência é identificado como o principal fator comportamental que impulsiona outros fatores. A iniciativa e o apoio da alta gerência podem levar ao sucesso do programador educacional e educacional relacionado ao GSCM. A motivação dos funcionários, o trabalho em equipe e a dedicação levarão a inovações tecnológicas que, por sua vez, levarão à melhoria da eficácia do GSCM.

Moxham e Kauppi (2014) examinaram as teorias organizacionais na gestão social e sustentável da cadeia de suprimentos, concentrando-se no comércio justo e, como resultado, desenvolveram sete perguntas de pesquisa que permitem e estimulam a análise dos fatores que afetam as cadeias de fornecimento de comércio justo e identificam abordagens para melhorar a sustentabilidade social na prática de *Supply Chain Management*.

Petersen e Lemke (2015) baseiam-se no conceito de riscos de reputação gerados na cadeia de suprimentos. Eles propõem um modelo que teoriza como as atividades dos membros podem afetar a reputação das empresas parceiras, e concluíram que o processo começa com um compromisso dos parceiros de primeira linha para uma associação com um conjunto de políticas e práticas corporativas. Elas, por sua vez, influenciam suas empresas parceiras, que por sua vez exercem sua influência sobre empresas parceiras e assim por diante, e essa ação mitigadora pode ter um efeito dominó que se espalha para cima e para baixo.

Percebemos que esses cinco artigos introduziram uma discussão sobre o contexto não estruturado da tomada de decisão, utilizando (a) metodologia de conjunto grosseiro, envolvendo uma abordagem de informação incompleta em ambientes pobres em dados (Bai e Sarkis, 2010); (b) teoria institucional e visão baseada em recursos estendidos do comércio justo (Moxham e Kauppi, 2014); (c) uma modelagem estrutural interpretativa para um problema que consiste em um grande número de variáveis com relações complexas (Muduli et al., 2013); (d) teoria dos jogos para analisar os comportamentos dos fornecedores sobre responsabilidade social corporativa, incentivos e compromissos mútuos (Ni e Li, 2012); e (e) modelos teóricos que resultaram de uma investigação qualitativa, destacando como os gestores praticantes percebem os riscos de reputação gerados na cadeia de suprimentos

(Petersen e Lemke, 2015).

Os métodos de decisão foram classificados com base no estudo de Brandenburg et al. (2014), que definiram categorias analíticas da dimensão estrutural dos modelos matemáticos utilizados na pesquisa de MFCS (Tabela 5).

Tabela 5 - Métodos de Decisão

Métodos de Decisão	Número de artigos (n=48)
Data Envelopment Analysis (DEA)	2
Data Envelopment Analysis (DEA) and Fuzzy Theory	1
Fuzzy theory and DEMATEL-Analytical network process (ANP) (DANP), PROMETHEE	1
Fuzzy theory	5
Fuzzy and Stackelberg scenario (Equilibrium model)	1
Fuzzy Clustering Scenarios	1
Equilibrium model	4
Analytical Hierarchy Process (AHP)	11
Analytical Hierarchy Process (AHP) and Linear programming	1
Analytical Hierarchy Process (AHP) and Structural equation modeling (SEM)	2
Analytical hierarchy process (AHP) and Analytical network process (ANP)	1
Analytical network process (ANP)	1
Single objective: Linear programming	2
Multi objective: Linear programming	1
Multi objective decision making (MODM), Multi attribute decision making (MADM) and Life cycle assessment (LCA)	1
TODIM method	1
Rough set theory	1
Systemic models: Input–output modeling of social impacts	1
Game Theory	3
Stackelberg game	1
Multicriteria optimization	2

Theoretical lenses	1
Interpretive Structural Modelling (ISM)	1
Conceptual model	1
Procedural model	1

4. Considerações finais

Este artigo conduziu uma revisão sistemática sobre a teoria da decisão comportamental e modelos analíticos de apoio à decisão na gestão sustentável da cadeia de fornecedores. A motivação para nossa pesquisa foi explorar: que tipos de métodos têm sido usados em modelos de apoio à decisão para o gerenciamento sustentável da cadeia de fornecedores e como eles se desenvolveram com o tempo? Nesse contexto, nossos achados dizem respeito a: (a) os modelos normativos racionais para tomada de decisão são prevalentes entre os quarenta e oito estudos analisados, embora estudos atuais tenham empregado modelos normativos comportamentais empíricos e racionais (Jakhar, 2015, Reimann et al., 2017, Wu et al., 2017, Yang e Xiao, 2017, Yazdani et al., 2017); (b) estudos recentes utilizaram mais de um método para tomada de decisão e um contexto menos estruturado é emergente; (c) a dimensão ambiental é claramente dominante nos artigos estudados, enquanto os aspectos sociais são amplamente ignorados, e; (d) o método de decisão mais utilizado entre os artigos estudados foi o AHP e o segundo mais utilizado foi a Teoria Fuzzy.

A implicação para a teoria é baseada nas sugestões de Pagell e Shevchenko (2014) de que o futuro da teoria da gestão sustentável da cadeia de suprimentos depende de quão inovadora é a metodologia da próxima pesquisa. Neste contexto, esta pesquisa constatou que o AHP e a Teoria Fuzzy são os métodos mais populares, no entanto, seria importante adicionar diversidade metodológica a este quadro. Consequentemente, é vital aumentar a variedade de metodologias adotadas pelos pesquisadores. Ao combinar originalmente os métodos já existentes, os pesquisadores poderão aprimorar o conhecimento sobre o tema, enriquecendo a literatura de ponta.

Em termos de implicações gerenciais, ressaltamos que os gerentes responsáveis pela seleção sustentável de fornecedores devem prestar mais atenção a um conjunto verdadeiramente sustentável de critérios de seleção, em vez do viés aparentemente limitado sobre a dimensão ambiental da sustentabilidade.

Os gerentes também devem estar cientes das ligações entre a seleção de fornecedores sustentáveis e as outras iniciativas organizacionais, como engajamento de partes interessadas e CSR.

A limitação do nosso estudo é que se concentra em estudos de cadeias de suprimentos sustentáveis e não inclui pesquisas sobre a gestão da cadeia de suprimentos em geral. Outra limitação é que ela se concentra apenas em abordagens específicas dos processos de tomada de decisão. Os artigos encontrados nesta revisão sistemática estão disponíveis e podem ser solicitados pelos autores.

REFERÊNCIAS

ALEXANDER, A., WALKER, H. & NAIM, M. Decision theory in sustainable supply chain management: A literature review. *Supply Chain Management*, Vol.19, pp. 504-522, 2014.

BAI, C. & SARKIS, J. Green Supplier Development: Analytical Evaluation Using Rough Set Theory. *Journal of Cleaner Production*, Vol.18 No.12, pp. 1200-1210, 2010.

BRANDENBURG, M.; GOVINDAN, K.; SARKIS, J.; SEURING, S. Quantitative models for sustainable supply chain management: Developments and directions. *European Journal of Operational Research*, Vol.233 No.2, pp. 299-312, 2014.

BRANDENBURG, M.; REBS, T. Sustainable supply chain management: A modeling perspective. *Annals of Operations Research*, Vol.229 No.1, pp. 213-252, 2015.

DE BOER, L.; LABRO, E.; MORLACCHI, P. A review of methods supporting supplier selection. *European Journal of Purchasing & Supply Management*, Vol.7 No.2, pp. 75-89, 2011.

FOERSTL, K.; REUTER, C.; HARTMANN, E.; BLOME, C. Managing supplier sustainability risks in a dynamically changing environment-Sustainable supplier management in the chemical industry. *Journal of Purchasing and Supply Management*, Vol.16 No.2, pp. 118-130, 2010.

FREITAS, A. H. A.; MAGRINI, A. Multi-criteria decision-making to support sustainable water management in a mining complex in Brazil. *Journal of Cleaner Production*, Vol.47, pp. 118-128. 2013.

FRENCH, S.; MAULE, J.; PAPAMICHAIL, N. *Decision behaviour, analysis and support*. Cambridge university press, cambridge, 2009.

HAJMOHAMMAD, S.; VACHON, S. Mitigation, Avoidance, or Acceptance? Managing Supplier Sustainability Risk. *Journal of Supply Chain Management*, Vol.52 No.2, pp. 48-65, 2016.

HALL, J.;MATOS, S.; SILVESTRE, B. Understanding why firms should invest in sustainable supply chains: a complexity approach. *International Journal of Production Research*, Vol.50 No.5, pp. 1332-1348, 2012.

HIRSCH, B.; MEYER, M. Integrating soft factors into the assessment of cooperative relationships between firms: accounting for reputation and ethical values. *Business Ethics: A European Review*, Vol.19 No.1, pp. 81-94, 2010.

JAKHAR, S. K. Performance evaluation and a flow allocation decision model for a sustainable supply chain of an apparel industry". *Journal of Cleaner Production*, Vol.87, pp. 391-413, 2015.

KAMALAHMADI, M.; MELLAT-PARAST, M. Developing a resilient supply chain through supplier flexibility and reliability assessment. *International Journal of Production Research*, Vol.54 No.1, pp. 302-321, 2016.

KULL, T. J.; OKE, A.; DOOLEY, K. J. Supplier Selection Behavior Under Uncertainty: Contextual and Cognitive Effects on Risk Perception and Choice. *Decision Sciences*, Vol.45 No.3, pp. 467-505, 2014.

MARCH, J. G.; SHAPIRA, Z. Managerial Perspectives on Risk and Risk Taking. *Management Science*, Vol.33 No.11, pp. 1404-1418, 1987.

MOXHAM, C.; KAUPPI, K. Using organisational theories to further our understanding of socially sustainable supply chains: The case of fair trade. *Supply Chain Management: An International Journal*, Vol.19 No.4, pp. 413-420, 2014.

MUDULI, K.; GOVINDAN, K.; BARVE, A.; KANNAN, D.; GENG, Y. Role of behavioural factors in green supply chain management implementation in Indian mining industries. *Resources, Conservation and Recycling*, Vol.76, pp. 50-60, 2013.

NI, D.; LI, K. W.A game-theoretic analysis of social responsibility conduct in two-echelon supply chains. *International Journal of Production Economics*, Vol.138 No.2, pp. 303-313, 2012.

PETERSEN, H. L.; LEMKE, F. Mitigating reputational risks in supply chains. *Supply Chain Management: An International Journal*, Vol.20 No.5, pp. 495-510, 2015.

REIMANN, F.; KOSMOL, T.; KAUFMANN, L. Responses to Supplier-Induced Disruptions: A Fuzzy-Set Analysis. *Journal of Supply Chain Management*, pp. n/a-n/a (in-press), 2017.

RUBINSTEIN, A. *Modeling bounded rationality*, Cambridge, Mass: MIT Press. 1998.

SEURING, S. A review of modeling approaches for sustainable supply chain management. *Decision Support Systems*, Vol.54 No.4, pp. 1513-1520, 2013.

SEURING, S. & MÜLLER, M. From a literature review to a conceptual framework for sustainable supply chain management. *Journal of Cleaner Production*, Vol.16 No.15, pp. 1699-1710. 2008.

TRANFIELD, D.; DENYER, D.; SMART, P. Towards a methodology for developing evidence-informed management knowledge by means of systematic review. *British Journal of Management*, Vol.14 No.3, pp. 207-222, 2003.

WU, C.; BARNES, D. A literature review of decision-making models and approaches for partner selection in agile supply chains. *Journal of Purchasing and Supply Management*,

Vol.17 No.4, pp. 256-274. 2011.

YANG, D.; XIAO, T. Pricing and green level decisions of a green supply chain with governmental interventions under fuzzy uncertainties. *Journal of Cleaner Production*, Vol.149, pp. 1174-1187. 2017.

YAZDANI, M.; CHATTERJEE, P.; ZAVADSKAS, E. K.; HASHEMKHANI ZOLFANI, S. Integrated QFD-MCDM framework for green supplier selection. *Journal of Cleaner Production*, Vol.142, pp. 3728-3740.2017.

ZIMMER, K.; FRÖHLING, M.; SCHULTMANN, F. Sustainable supplier management - A review of models supporting sustainable supplier selection, monitoring and development. *International Journal of Production Research*, Vol.54 No.5, pp. 1412-1442, 2016.

ZSIDISIN, G. A. A grounded definition of supply risk. *Journal of Purchasing and Supply Management*, Vol.9 No.5-6, pp. 217-224, 2003.

KYTLE, B.; RUGGIE, J.G. 2005. *Corporate Social Responsibility as Risk Management*, John F. Kennedy School of Government, Harvard Univ

rsity, Bost

n, MA.

Capítulo 16

HABILIDADES E COMPETÊNCIAS IMPORTANTES PARA O ENGENHEIRO DE PRODUÇÃO: UM LEVANTAMENTO COM EGRESSOS DE UMA INSTITUIÇÃO DE ENSINO SUPERIOR PRIVADA DO ESTADO DE SÃO PAULO

Roberta Pinheiro Bortolassi
Ethel Cristina Chiari da Silva

HABILIDADES E COMPETÊNCIAS IMPORTANTES PARA O ENGENHEIRO DE PRODUÇÃO: UM LEVANTAMENTO COM EGRESSOS DE UMA INSTITUIÇÃO DE ENSINO SUPERIOR PRIVADA DO ESTADO DE SÃO PAULO

Roberta Pinheiro Bortolassi
Ethel Cristina Chiari da Silva

Resumo

O objetivo deste trabalho é identificar as habilidades e competências consideradas importantes para o engenheiro de produção, na ótica dos egressos de um curso de Engenharia de Produção de uma instituição de ensino privada do interior do estado de São Paulo. Para tanto, realizou-se uma pesquisa descritiva, com um levantamento por meio de um questionário enviado via e-mail para os ex-alunos que se formaram entre o ano de 2004 até 2016 na IES do estudo. Observou-se que houve destaque para a habilidade trabalhar em equipe, sendo que isto envolve as relações e colaboração no ambiente de trabalho, esta habilidade deve ser desenvolvida desde o ingresso do aluno no primeiro ano até a conclusão do curso.

Palavras-chave: Engenharia de Produção, habilidades, competências, egressos

1. Introdução

A Engenharia de Produção é vista como algo cada vez mais fundamental para o desenvolvimento de um país (OLIVEIRA, 2013). A multidisciplinaridade vista na formação de um Engenheiro de Produção faz com que ele tenha atributos para atuar em diversas áreas. Desse modo, é visto que este profissional se tornou um fator essencial para a manutenção e melhoria nos setores econômicos (JESUS; COSTA, 2013; IEDI, 2010).

As organizações precisam ser ágeis e eficazes e devem, principalmente, possuir habilidades, competências e pessoas que tenham capacidade de se desenvolver (WAGNER, 2011). Portanto, o elemento humano se constitui numa das peças chave para alcançar a vantagem competitiva. Uma maneira de garantir esta vantagem é aproveitar ao máximo o conhecimento e habilidades dos indivíduos, pois estes são responsáveis pela conversão de informação em conhecimento,

utilizando-se de suas próprias competências (SVEIBY, 1998).

Com relação ao conceito de habilidades e competências Borchardt et al. (2009), dizem que os conhecimentos básicos, os específicos, as habilidades e as competências, considerados importantes pelos diretores das empresas, apresentam carências que necessitam ser reparadas pelas instituições de ensino e que nem sempre as competências julgadas mais importantes para os educadores representam as competências mais almejadas por parte das organizações.

A pesquisa realizada por Ragusa (2013) em seis universidades nos EUA abordando 493 estudantes de engenharia, concluiu que os alunos não foram devidamente preparados para o mercado de trabalho, que exige inovação, espírito de liderança e agilidade na resolução de problemas. Estudos realizados em uma indústria da Alemanha, identificaram que apenas 16,5% do conhecimento relacionado com a aplicação de ferramentas de gestão, são adquiridos durante o curso de engenharia (PATON; WAGNAER; MACINTOSH, 2012).

No Brasil, Borchardt et al. (2009), identificaram falhas no perfil profissional e deficiências nas habilidades e competências do engenheiro de produção. As competências com maiores lacunas são: usar indicadores de desempenho, analisar viabilidade financeira e prever evolução financeira, já as habilidades de maior deficiência foram: expressão oral, expressão escrita e ter iniciativa.

O conhecimento dos indivíduos quando colocado em prática dentro da organização é o ponto essencial para a inovação, pois as empresas buscam funcionários que sejam capazes de combinar habilidades e competências de forma inovadora e produtiva (BOAHIN; HOFMAN, 2014). Por isso Magdalena et al. (2013) defendem que as instituições de ensino e as empresas devem se unir e fazer parcerias, a fim de promover um aprendizado melhor e que atenda às necessidades para a formação dos futuros profissionais.

Santos (2015) também relata que na visão das organizações encontrou deficiências em relação às competências: utilizar ferramental matemático e estatístico para modelar sistemas de produção e auxiliar na tomada de decisões, prever a evolução dos cenários produtivos, percebendo a interação entre as organizações e os seus impactos sobre a competitividade, as habilidades: compromisso com a ética profissional, comunicação oral e escrita, responsabilidade social e ambiental e capacidade de identificar, modelar e resolver problemas. Determinar as competências e habilidades necessárias para exercer a atividade de engenheiro, e mais especificamente de produção, é uma demanda tanto das empresas industriais como das universidades, pois, as competências e habilidades do engenheiro de produção sofrem influência da indústria e por isso precisam estar em constante mudança” (BORCHARDT et. al,

2009).

Em função das considerações apresentadas, o objetivo deste trabalho é identificar as habilidades e competências consideradas importantes para o engenheiro de produção, na ótica dos egressos de um curso de Engenharia de Produção de uma instituição de ensino privada do interior do estado de São Paulo.

Para alcançar o objetivo proposto, o trabalho foi desenvolvido com uma revisão da literatura e um levantamento de dados, enviando um questionário via e-mail para os egressos de 2004 a 2016 de uma instituição de ensino superior privada do estado de São Paulo.

2. Revisão bibliográfica

2.1. Origem e evolução do curso de Engenharia de Produção

O nascimento da Engenharia de Produção foi na Inglaterra no final do século XVIII, época da Revolução Industrial com a estruturação de sistemas de produção. Mas foi nos Estados Unidos, no período de 1882 a 1912, que se percebeu a importância da Engenharia de Produção, contribuindo para isto, os trabalhos de F.W. Taylor, Frank e Lillian Gilbreth, H.L. Gantt, H. Emerson que desenvolveram métodos e técnicas para a gestão de empresas, que foi intitulado *Scientific Manager* (em português, “Administração Científica”). Surgiu então a denominação *Industrial Engineer* (Engenharia Industrial) para a Engenharia de Produção nos Estados Unidos. (PIRATELLI, 2005; ABEPRO, 2010).

No Brasil, a Engenharia de Produção se consolidou em razão do desenvolvimento da economia brasileira com o surgimento das indústrias e instalações de multinacionais. Em 1958 foi criado o primeiro curso de graduação em Engenharia de Produção do país, na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP). Inicialmente, o curso era uma opção do curso de Engenharia Mecânica, posteriormente foi criado o curso de Engenharia de Produção. No ano de 1959, o Instituto Tecnológico da Aeronáutica (ITA) criou a habilitação em engenharia de produção, em seguida foi a Faculdade de Engenharia Industrial (FEI) de São Bernardo do Campo criando o curso de Engenharia Industrial. (PIRATELLI, 2005; ABEPRO, 2010)

Na década de 80 existiam apenas 18 cursos de Engenharia de Produção em atividade, porém com a emergente demanda e crescimento do mercado, a fundação do curso também foi aumentando, em 2005 já se totalizava 200 cursos em funcionamento. (BORCHARDT et. al, 2009). Em 2013 a graduação em engenharia de produção já era oferecida por todos os estados

brasileiros (MINISTERIO DA EDUCAÇÃO (MEC), 2013) mas é no Sudeste que tem o maior número de cursos em atividade, pois é a região com maior polo econômico e mercado consumidor do país. (BITTENCOURT; VIALI; BELTRAME, 2010).

Segundo o relatório do Ministério da Educação (MEC) (2016) atualmente existem no país mais de 750 cursos de Engenharia de Produção plena em atividade, sendo a maioria oferecidos por instituições privadas de ensino e o Sudeste é a região onde se tem mais curso em atuação.

Para Oliveira et al. (2013) o aumento significativo do número de cursos de Engenharia de Produção pode estar relacionado à necessidade das organizações em termos de competitividade e qualidade dos produtos, além dos sistemas logísticos e demais aspectos relacionados à produção de uma maneira geral, o que é do escopo do perfil profissional do Engenheiro de Produção.

2.2. Competências desejadas para o engenheiro de produção

Na literatura são encontradas várias definições para o termo competência. A definição mais simples e corrente é a formada pelo conjunto de conhecimentos, habilidades e atitudes (FERREIRA, 2010).

Para o Conselho Federal de Engenharia e Agronomia - CONFEA a competência profissional é a capacidade da utilização de conhecimentos, habilidades e atitudes necessários ao desempenho de atividades em campos profissionais específicos, obedecendo a padrões de qualidade e produtividade (CONFEA, 2005).

De acordo com as diretrizes curricular da ABEPRO (2001) cabe ao engenheiro de produção ter as competências expostas no Quadro 1.

Quadro 1- Competências definidas para o engenheiro de produção

Competência	Descrição
1	Dimensionar e integrar recursos físicos, humanos e financeiros a fim de produzir, com eficiência e ao menor custo, considerando a possibilidade de melhorias contínuas;
2	Utilizar ferramental matemático e estatístico para modelar sistemas de produção e auxiliar na tomada de decisões;
3	Projetar, implementar e aperfeiçoar sistemas, produtos e processos, levando em consideração os limites e as características das comunidades envolvidas;
4	Prever e analisar demandas, selecionar conhecimento científico e tecnológico, projetando produtos ou melhorando suas características e funcionalidade;

5	Incorporar conceitos e técnicas da qualidade em todo o sistema produtivo, tanto nos seus aspectos tecnológicos quanto organizacionais, aprimorando produtos e processos, e produzindo normas e procedimentos de controle e auditoria;
6	Prever a evolução dos cenários produtivos, percebendo a interação entre as organizações e os seus impactos sobre a competitividade;
7	Acompanhar os avanços tecnológicos, organizando-os e colocando-os a serviço da demanda das empresas e da sociedade;
8	Compreender a interrelação dos sistemas de produção com o meio ambiente, tanto no que se refere a utilização de recursos escassos quanto à disposição final de resíduos e rejeitos, atentando para a exigência de sustentabilidade;
9	Utilizar indicadores de desempenho, sistemas de custeio, bem como avaliar a viabilidade econômica e financeira de projetos;
10	Gerenciar e otimizar o fluxo de informação nas empresas utilizando tecnologias adequadas

Fonte: ABEPRO (2001)

2.3. Habilidades desejadas para o engenheiro de produção

A habilidade refere-se à capacidade e à disposição para fazer algo. Pode ser uma aptidão inata ou desenvolvida e, o treino e a experiência permitem que o indivíduo consiga melhorá-la (CHIAVENATO, 2010).

Já a ABEPRO (2001) baseada nas atribuições profissionais apresentadas pelo CES/CNE 11/02, CONFEA, CREA e empregadores dos profissionais de sua classe define 12 habilidades para o engenheiro de produção, apresentadas no Quadro 2 a seguir.

Quadro 2- Habilidades definidas para o Engenheiro de Produção

Habilidades	Descrição
1	Iniciativa empreendedora;
2	Iniciativa para auto aprendizado e educação continua;
3	Comunicação oral e escrita;
4	Leitura, interpretação e expressão por meios gráficos;
5	Visão crítica de ordens de grandeza;
6	Domínio de técnicas computacionais;
7	Conhecimento, em nível técnico, de língua estrangeira;
8	Conhecimento da legislação pertinente;

9	Capacidade de trabalhar em equipe;
10	Capacidade de identificar, modelar e resolver problemas;
11	Compreensão dos problemas administrativos, sócio econômico e do meio ambiente;
12	“Pensar globalmente, agir localmente”;

Fonte: ABEPRO (2001)

3. Metodologia

Essa pesquisa é caracterizada como descritiva com análise qualitativa e quantitativa e tem como propósito investigar as habilidades e competências consideradas importantes para o engenheiro de produção, na visão dos egressos da IES dessa pesquisa. O universo envolve os egressos da primeira turma formada em 2004 até a turma formada em 2016, que somam 388 alunos, todos foram convidados a participar da pesquisa.

O instrumento utilizado para a coleta dos dados consistiu de um questionário com perguntas abertas e fechadas, que foi encaminhado via e-mail. O instrumento foi desenvolvido com o intuito de fornecer suporte ao objetivo proposto e levantar as seguintes informações: condições sócio demográficas; condições de trabalhos atuais, as habilidades e competências importantes para atuação no mercado de trabalho.

4. Resultados

Com relação ao levantamento dos dados dos 388 egressos do curso de Engenharia de Produção, 118 (30,41%) egressos que responderam ao questionário. Com relação aos e-mails enviados, 56 (14,43%) retornaram mensagens eletrônicas apontando endereço inexistente.

A Tabela 1 apresenta a distribuição dos 118 egressos por ano de colação de grau e por variável (gênero, idade, estado civil, escolaridade atual, setor econômico e situação empregatícia).

Tabela 1- Distribuição dos egressos por variáveis por ano da IES do estudo no período de 2004 a 2016

Variáveis	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Gênero													
Mas	3	3	5	2	6	8	6	10	13	14	11	4	11
Fem	0	1	0	0	0	1	1	1	3	1	4	1	9

Estado Civil													
Solteiro	3	3	4	1	5	8	0	8	8	7	3	2	2
Casado	0	1	1	1	1	1	7	3	8	8	11	3	17
Separado	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
Viúvo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Idade atual do egresso (em anos)													
De 20 a 30	0	0	0	0	0	0	0	1	9	4	10	5	16
De 31 a 40	3	2	5	2	5	8	6	9	5	6	4	0	4
De 41 a 50	0	1	0	0	1	0	0	0	1	5	0	0	0
51 acima	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0	0
Situação atual de trabalho (está ou não trabalhando)? e aderência a área de Engenharia de Produção (se está ou não na área de Engenharia de Produção)?													
Sim e Sim	2	2	3	0	4	5	4	8	14	9	6	2	10
Sim e Não	1	2	2	2	2	4	3	3	1	6	7	2	5
Não e Não	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	1	5

Fonte: Elaborada pelos autores

Mediante a sumarização dos dados apresentados na Tabela 1, observa-se que dos 118 egressos respondentes, 81,35% (96) são do gênero masculino e 18,65% (22) são do gênero feminino.

Quanto ao estado civil dos egressos, nota-se que 46,61% (55) dos egressos são casados, 51,70% (61) são solteiros e 1,69% (2) estão na condição de separados.

Com relação a idade dos egressos observou-se que 50% (59) dos respondentes tem de 31 a 40 anos, 38,98% (46) estão na faixa etária de 20 a 30 anos, 6,77% (8) possuem de 41 a 50 anos e acima de 51 tem-se 4,23% (5) de ex-alunos nessa faixa de idade.

No que se refere à atividade profissional atual (vínculo e aderência a área de engenharia de produção), 58,97% (69) dos ex-alunos afirmaram estar trabalhando na área de engenharia de produção, 33,33% (39) estão trabalhando, porém fora da área e 7,70% (9) estão desempregados.

De acordo com a Tabela 1, nota-se um crescimento dos profissionais com atividades aderentes a área de engenharia de produção até o ano de 2012, quando este processo sofreu uma mudança; é possível observar que a curva de desempregados iniciou sua trajetória de crescimento a partir do ano de 2014, se intensificando em 2016, fato que pode estar relacionado a situação econômica pela qual o país está enfrentando.

A Tabela 2 aponta a frequência de respostas por ano das 10 competências julgadas importantes na percepção do egresso, vale ressaltar que a pergunta foi realizada de forma aberta, em que o respondente podia citar uma ou mais competências consideradas importantes na sua visão.

Tabela 2- Frequência de respostas por ano das competências importantes para os egressos da IES do estudo no período de 2004 a 2016

Competências	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	Total
1	1	1	0	1	2	1	1	0	2	2	2	0	3	16
2	0	0	0	0	0	1	2	0	2	0	3	1	1	10
3	1	0	1	0	0	2	3	1	2	2	3	1	4	20
4	0	0	1	2	0	1	0	2	1	2	3	1	3	16
5	1	1	1	0	0	1	0	3	2	3	4	1	4	21
6	0	0	1	0	0	1	1	3	3	3	4	1	5	22
7	0	0	1	1	1	0	0	0	0	3	1	1	4	12
8	0	0	0	0	2	0	0	2	0	0	2	1	2	9
9	2	0	0	0	1	0	0	2	3	4	3	2	3	20
10	0	1	0	0	1	1	1	0	0	2	3	1	2	12

Fonte: Elaborada pelos autores

A análise da Tabela 2 revela que as competências estão distribuídas de forma semelhante entre as variáveis. Porém dentre elas a competência 6 que é prever a evolução dos cenários produtivos, percebendo a interação entre as organizações e os seus impactos sobre a competitividade foi a que teve maior número de indicação pelos respondentes.

A competência menos importante na ótica dos ex-alunos da instituição em estudo foi a 8 compreender a interrelação dos sistemas de produção com o meio ambiente, tanto no que se refere a utilização de recursos escassos quanto à disposição final de resíduos e rejeitos, atentando para a exigência de sustentabilidade.

A Tabela 3 apresenta a frequência de respostas por ano das 12 habilidades, a pergunta foi feita também de forma aberta, assim o egresso citou as mais importantes em sua percepção.

Tabela 3- Frequência de respostas por ano das habilidades importantes para os egressos da IES do estudo no período de 2004 a 2016

Habilidades	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	Total
1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	5
2	2	0	2	0	1	0	0	1	1	0	0	0	2	9
3	0	0	0	0	0	1	0	1	3	1	2	0	2	10
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	2	0	0	2	3	2	0	1	3	4	0	4	21
7	0	1	0	1	2	1	3	2	0	2	2	0	3	17
8	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2
9	2	2	2	1	2	3	3	4	7	7	9	2	9	53
10	0	0	1	1	1	3	1	4	3	4	5	1	6	30
11	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	3	7
12	1	1	0	0	0	0	0	2	0	0	1	1	4	10

Fonte: Elaborado pelos autores

De acordo com a Tabela 3 nota-se que a habilidade 9 capacidade de trabalhar em equipe foi a mais mencionada, percebe-se que foi o destaque dos ex-alunos em todos os anos, diante disso pode-se dizer que para o engenheiro de produção é de extrema importância desenvolver esta habilidade que está muito relacionada com o convívio no ambiente de trabalho e com aspectos como colaboração entre os membros da equipe.

A habilidade 10 capacidade de identificar, modelar e resolver problemas é a segunda com maior número de indicação pelos egressos, essa influência pode estar relacionada com a definição e função principal do profissional de engenharia de produção, que é identificar um problema e resolve-lo.

O domínio de técnicas computacionais também foi significativamente citado pelos respondentes, leva-se a pensar que é devido ao avanço tecnológico e as ferramentas computacionais que auxiliam nas tomadas de decisão e na administração.

A Tabela 3 exibe que a habilidade de conhecimento em nível técnico da língua estrangeira foi mencionada com certa frequência, pois o domínio de um segundo idioma vem sendo cobrado por muitas empresas.

Já as habilidades 4 e 5 que são respectivamente leitura, interpretação e expressão por meios de gráficos e visão crítica de ordens de grandeza não foram citadas por nenhum egresso como uma habilidade importante para o engenheiro de produção.

5. Considerações finais

A pesquisa aqui tratada está em desenvolvimento, cabe ressaltar que o levantamento realizado é extremamente rico e análises estatísticas também serão exploradas futuramente.

Com relação ao objetivo aqui proposto foi apresentar uma primeira análise dos dados a fim de identificar quais as competências e habilidades os egressos apontam como primordial e, nesse sentido, foi possível atingi-lo.

A prática de acompanhar a vida profissional dos egressos é fundamental e difícil, pois demanda contato constante e estreitamento das relações IES/Egresso.

REFERÊNCIAS

ABEPRO. Proposta de Diretrizes Curriculares 2001. Disponível <<http://www.abepro.org.br>>. Acessado em 10 de abril de 2018.

ABEPRO. Origens e evolução da formação em engenharia de produção. Projeto Memória, 2010. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/arquivos/websites/1/Hist.pdf>. Acessado em: Fevereiro de 2018.

BITTENCOURT, HÉLIO RADKE; VIALI, LORI; BELTRAME, EDILIANE. A engenharia de Produção no Brasil: Uma Panorama dos cursos de Graduação e Pós-graduação. Revista de Ensino de Engenharia, v. 29, n. 1, p. 11-19, 2010.

BOAHIN, PETER; HOFMAN, ADRIAAN. Perceived effects of competency-based training on the acquisition of professional skills. International Journal of Educational Development. n.36, p. 81–89, 2016.

BORCHARDT, MIRIAN; VACCARO, GUILHERME LUÍS ROEHE; AZEVEDO, DEBORA; PONTE JR, JACINTO. O perfil do engenheiro de produção: a visão de empresas

da região metropolitana de Porto Alegre. Revista Produção, São Paulo, vol. 19 n° 2: p. 230-248, 2009.

CHIAVENATO, IDALBERTO. Gestão de pessoas. Ed -3ª. RJ: Elsevier, 2010.

CONSELHO FEDERAL DE ENGENHARIA E AGRONOMIA (CONFEA). Resolução n° 1.010, de 22 de Agosto de 2005. Disponível em: <<http://www.abepro.org.br/arquivos/websites/1/1010-05.pdf>> Acessado em 25 de abril de 2018.

FERREIRA, JOSÉ. IN: NERI, AGUINALDO. (Org.) Gestão de RH por competências e a empregabilidade. 5ª ed. Campinas, SP: Papirus, 2010.

IEDI - INSTITUTO DE ESTUDOS PARA O DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. A formação de engenheiros no Brasil: desafio ao crescimento e à inovação. Carta IEDI n. 424. São Paulo: IEDI, 2010. Disponível em: <www.iedi.org.br>. Acessado em: 01 de maio de 2018.

JESUS, IGOR ROSA DIAS DE; COSTA, HELDER GOMES. A nova gestão pública como indutora das atividades de engenharia de produção nos órgãos públicos. Production, Rio de Janeiro, v. 24, n °4, p. 887-897, 2014.

MAGDALENA, WALCZAKI; UZIAK, JACEK; OLADIRAN, TUNDE; BAEZA, CLAUDIA CAMERATTI; PAEZ, PATRICIA THIBAUT. Industry Expectations of Mechanical Engineering Graduates. A Case Study in Chile. International journal of engineering education, v. 29, p. 181-192, 2013.

MINISTERIO DA ECUCAÇÃO (MEC): Disponível em: <<http://www.emec.mec.gov.br>> Acesso em: março de 2018.

OLIVEIRA, VANDERLÍ FAVA DE; ALMEIDA, NIVAL NUNES; CARVALHO, DAYANE MAXIMIANO DE; PEREIRA, FERNANDO ANTONIO AZEVEDO. Um estudo sobre a expansão da formação em Engenharia no Brasil. Revista de Ensino de Engenharia, v. 32, p. 29-44, 2013

PATON, ROBERT; WAGNER, RICHARD; MACINTOSH, ROBERT. Engineering education and performance: the German machinery and equipment sector. *International Journal of Operations & Production Management*, v.32 n.7, p.796-828, 2012.

PIRATELLI, CLAUDIO LUÍS. A engenharia de produção no Brasil. In: Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia. Centro Universitário de Araraquara. Anais Campina Grande – PB, 2005.

RAGUSA, Gisele. Engineering global preparedness: parallel pedagogies, experientially focused instructional practices. *International Journal of Engineering Education*, v.30 n.2, p. 400-411, 2013.

SANTOS, PATRÍCIA FERNANDA DOS. O desempenho profissional do Engenheiro de Produção: um estudo sobre suas competências e habilidades na visão das empresas. 2015, 185 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Faculdade de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Metodista de Piracicaba – UNIMEP, Santa Barbara d'Oeste, 2015.

SVEIBY, KARL ERIK. A nova Riqueza das Organizações: Gerenciando e Avaliando Patrimônios do Conhecimento. Rio de Janeiro: Campus, 1998.

WAGNER, JOHN. Comportamento Organizacional: Criando Vantagem Competitiva. Ed. 2ª. SP: Saraiva, 2011.

Capítulo 17

IDENTIFICAÇÃO E PRIORIZAÇÃO DOS RISCOS EM GESTÃO DE PROJETOS DE IMPLEMENTOS AGRÍCOLAS

Gilson José da Silva
Rodrigo Antônio Vicentini
Creusa Sayuri Tahara Amaral

IDENTIFICAÇÃO E PRIORIZAÇÃO DOS RISCOS EM GESTÃO DE PROJETOS DE IMPLEMENTOS AGRÍCOLAS

Gilson José da Silva

Rodrigo Antônio Vicentini

Creusa Sayuri Tahara Amaral

Resumo

A dificuldade em conduzir a gestão de riscos, pode ocasionar na gestão de projetos, o aumento de custos, falta de qualidade, problemas no atendimento aos prazos de entrega, além de maior insegurança aos envolvidos no projeto. Segundo Rodney et al. (2015) a falta de conhecimento e a utilização limitada dos princípios de gestão de riscos, podem resultar em erros sistemáticos no processo de tomada de decisão. Neste contexto, o presente trabalho apresenta um breve estudo sobre os fatores de riscos que podem incidir sobre a gestão de projeto, bem como uma forma de priorização desses riscos, para auxiliar a tomada de decisão. Um estudo de caso foi realizado em uma empresa brasileira fabricante de implementos agrícolas, que possui uma área dedicada ao desenvolvimento de novos produtos, sendo considerada como uma das principais empresas deste segmento no Brasil. Na etapa inicial da pesquisa, fez-se uma revisão bibliográfica, considerando as bases de dados de periódicos, de onde foram selecionadas as publicações que contribuíam para a identificação e categorização dos fatores de riscos na gestão de projetos. Foi utilizado um roteiro de entrevista, baseado em uma lista de fatores de riscos proposto por Hofman e Grela (2017). A identificação dos riscos presentes na empresa foi realizada por meio de entrevista com participantes experientes dos projetos da empresa e especialistas no assunto. Uma vez realizadas as entrevistas, os dados foram tabulados, e os fatores de riscos foram classificados em dois grupos: Grupo 1 – corresponde aos riscos de maior ocorrência na empresa e, portanto, necessitam de uma avaliação em termos de sua criticidade; Grupo 2 – os riscos em que as respostas não apresentaram um consenso. Para a classificação destes riscos seria necessário outro tratamento, que não foi analisado no trabalho. Os fatores de risco do grupo 1 foram discutidos e consolidados com os respondentes, em uma matriz de riscos, definindo a partir dela uma priorização dos riscos que devem ser mitigados ou evitados. Pode-se verificar que parte significativa dos riscos em gestão de projetos, apontados na literatura (HOFMAN; GRELA,

2017) foram detectados na empresa estudada. Para a empresa, muitos desses riscos não eram percebidos e não eram considerados em sua gestão. Como proposta de continuidade ao trabalho, para a empresa estudada, cabe a implementação das demais etapas da gestão de riscos, determinando e implementando ações e controles regulares, para a verificação da incidência desses riscos, de modo a avaliar a eficácia das ações implementadas.

Palavras-chave: gestão de projetos, gestão de risco, matriz de riscos.

1. Introdução

As rápidas mudanças nos ambientes de negócios, a incapacidade de inovar e atender as necessidades dos clientes, estão entre os principais riscos enfrentados pelas organizações (FIRMENICH, 2017; TESSEM, 2017). Segundo um recente estudo realizado pelo *World Economic Forum* (2018), apenas 14% das organizações estão preparadas para gerenciar os riscos organizacionais. Este estudo ainda enfatiza que as maiores preocupações das organizações são de desenvolver uma maior agilidade estratégica, mais eficiência na identificação das possíveis fontes e eventos associados aos riscos, e um planejamento de contingência para atuar sobre estas preocupações.

Neste contexto, a falta de conhecimento e a utilização limitada dos princípios de gestão de riscos, podem resultar em erros sistemáticos nas tomadas de decisões (RODNEY et al., 2015), e como consequência a ocorrência de efeitos ruins para a organização, como a perda de mercado, produtos obsoletos e até mesmo o encerramento de suas atividades (HARTONO et al., 2013; STANKOVIC, et al., 2013; YIM et al., 2014).

Em organizações que desenvolvem projetos de novos produtos, o estabelecimento de um sistema de gestão de riscos é relevante, pois tem impacto na continuidade de seu negócio (SAMANTRA et al., 2016). Campanelli e Parreiras (2015) argumentam que as atividades de gestão de projetos precisam ser abordadas de forma eficaz, pois podem acarretar custos desnecessários, atrasos no cronograma e entrega, e até mesmo a falta de qualidade do projeto. Desta forma, a identificação de riscos na gestão de projeto é um assunto, para os profissionais que atuam na área, de importância estratégica, já que seu objetivo final é garantir que todas as atividades ocorram com sucesso e possam criar valor para a organização (ZHANG; FAN, 2013; HODA; MURUGESAN, 2016; KHAMENEH; TAHERI; ERSHADI, 2016;

ABDALHAMID; MISHRA, 2017).

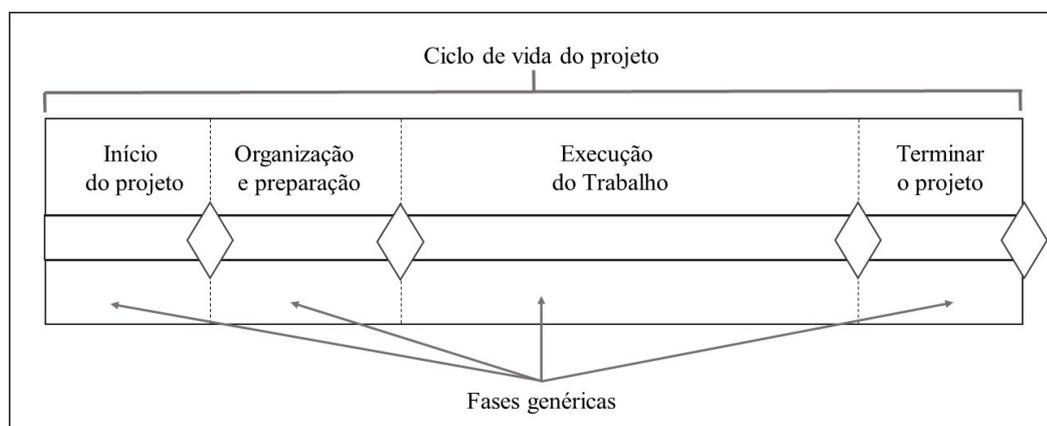
Estas observações motivam o desenvolvimento de pesquisas acerca das questões relativas aos riscos em gestão de projetos (FIRMENICH, 2017; TESSEM, 2017). Neste contexto, o presente trabalho apresenta um breve estudo sobre os fatores de riscos que podem incidir sobre a gestão de projeto, bem como uma forma de priorização desses riscos, para auxiliar a tomada de decisão.

2. Gerenciamento de projetos

Segundo o *Project Management Institute* – PMI (2017, p. 542) “um projeto é um esforço temporário empreendido para criar um produto, serviço ou resultado único”. O esforço temporário significa que há um início e um término definido. Para tanto, é necessário que haja um gerenciamento do processo de desenvolvimento de projetos, para que este esforço temporário seja eficiente e alcance o objetivo planejado.

O gerenciamento de projetos é a aplicação de conhecimentos, habilidades, ferramentas e técnicas para o controle, monitoramento e apoio das atividades do projeto, a fim de atender aos seus requisitos e necessidades (PMI, 2017). Embora os projetos variem em tamanho e complexidade, todos podem ser mapeados a partir de uma estrutura de ciclo de vida, conforme mostrada na Figura 1 (PMI, 2017). O ciclo de vida do projeto pode ser dividido em quatro fases: o início do projeto ou a iniciação, a fase de planejamento ou organização e preparação, a fase de execução e a fase de encerramento ou término do projeto. Cada projeto pode ser definido de acordo com seus requisitos e necessidades, com mais ou menos atividades, conforme sua complexidade.

Figura 1 – Representação do ciclo de vida do projeto



Fonte: Adaptado de PMI (2017)

A fase de planejamento é considerada de importância singular para a especificação de todas as atividades que serão realizadas, para todo e em qualquer projeto (CRUZ, 2013; BOWERS; KHORAKIAN, 2014; RODNEY et al., 2015). Esta afirmação se justifica, já que sem planejamento e gerenciamento deste, as chances de falhas no projeto são maiores, ou seja, os riscos associados ao projeto aumentam, e podem atingir o escopo do projeto, o cronograma das atividades, custo e também a qualidade do projeto (HARTONO; WIJAYA; ARINI, 2014). Os projetos são estruturas que podem ser controladas, são previsíveis, lineares e têm limites (início e fim) claramente definidos, que permite seu planejamento e o seu gerenciamento para controlar e monitorar as necessidades de mudanças (SPUNDAK, 2014; WU; DAI; ZHU, 2016). As metodologias de gerenciamento de projetos exigem que a fase de planejamento seja realizada de modo disciplinado, detalhado para que este planejamento possa ser acompanhado nas várias fases do ciclo de vida do projeto (WU; DAI; ZHU, 2016). Um estudo publicado na *Harvard Business Review*, que analisou 1.471 projetos, constatou que a média de superação dos custos em desenvolvimento de projetos foi de 27%. Outro dado importante do estudo foi de que um a cada seis projetos teve em média uma superação de 200% sobre os custos planejados, e uma sobrecarga de trabalho de quase 70% (HARDY-VALLEE, 2012). Portanto, traz a evidência da importância da identificação dos fatores que podem gerar desvios nos objetivos do projeto, que são os riscos associados. Os fatores de risco devem ser analisados para que exista um gerenciamento adequado do projeto (ALBERT; BALVE; SPANG, 2017).

3. Gestão de riscos

As perdas são decorrentes de riscos não gerenciados e podem ocorrer em qualquer atividade (ASSI, 2013; IBGC, 2017). Muitas organizações discutem se devem ou não introduzir práticas de gestão de riscos na gestão do seu negócio, no entanto, organizações bem-sucedidas garantem obter resultados positivos com a sua implementação (KNIGHT, 2007; AHMED; KHAN; RAZA, 2014).

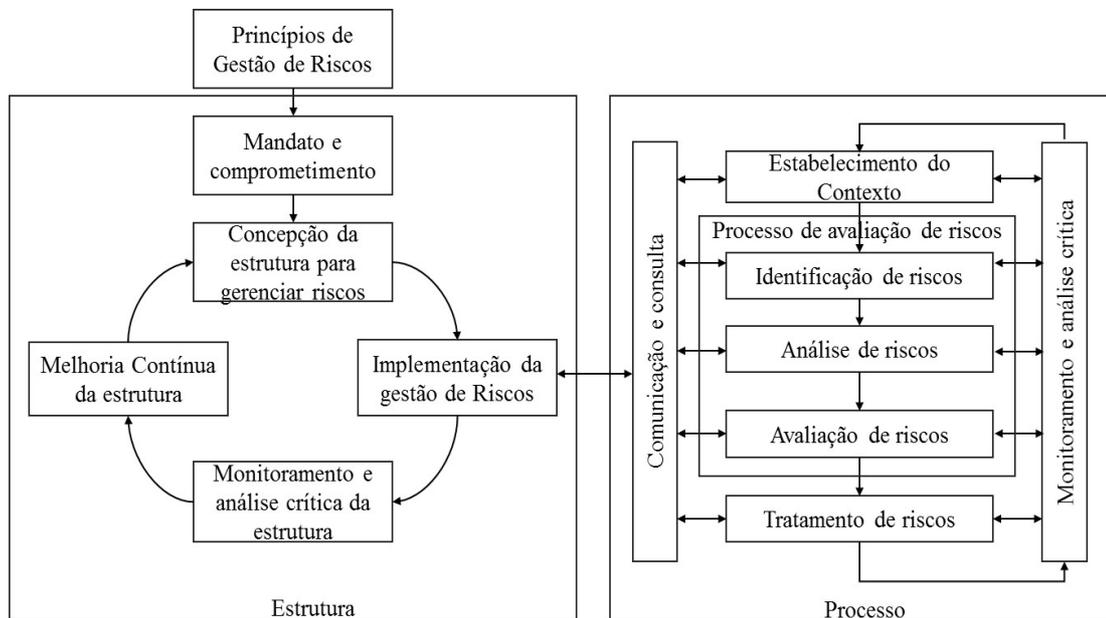
Segundo a norma ISO31000 (2009), o risco é “o efeito da incerteza sobre os objetivos da organização”. Esta definição, mostra que a gestão de risco é um processo de otimização que torna mais provável o alcance dos objetivos (ARNABOLDI; LAPSLEY, 2014).

Bogodistov e Wohlgemuth (2017) e *Standard New Zealand* (2018) definem a gestão de risco como um conjunto de processos, estrutura e cultura que devem ser organizadas para a

utilização de oportunidades potenciais, que minimizem a volatilidade dos resultados e possam garantir a sobrevivência da organização. A gestão de riscos envolve a identificação, avaliação e gerenciamento de eventos ameaçadores, bem como os processos subjacentes de comunicação interna, tomada de decisão e monitoramento que tornam possível o controle desses eventos (ISO31000, 2009).

A Figura 2 apresenta o relacionamento entre os princípios, estrutura e processo de riscos, definindo assim um modelo para gerenciar os riscos organizacionais (ISO31000, 2009). O modelo é composto por uma estrutura, um processo de implementação, e também uma cultura para o pensamento sobre os riscos organizacionais.

Figura 2 – Representação do modelo de Gestão de Riscos



Fonte: Adaptado de ISO31000 (2009)

3.1. Fatores de riscos em gerenciamento de projetos

Há semelhanças entre os elementos mais significativos que devem ser considerados na gestão de riscos em projetos, que estão associados ao tempo, o custo e a qualidade dos projetos (YIM et al, 2014; WU et al., 2017).

Apesar de estar presente no local de trabalho, alguns riscos podem permanecer despercebidos. Identificar esses riscos é o primeiro passo antes de implementar medidas de prevenção ou até mesmo determinar a priorização das ações a serem realizadas (AOUATI et

al., 2017), pois a eficácia das etapas seguintes como a análise, avaliação, monitoramento e controle são dependentes desta identificação (ZHANG; FAN, 2013; YIM et al., 2014; WU et al., 2017).

Um estudo empírico realizado por Hofman e Grela (2017) categorizou os fatores de riscos de projetos e selecionou trinta e seis fatores de riscos com maior probabilidade de ocorrência. Estes riscos foram classificados em três categorias: riscos inerentes, riscos relacionados a estrutura de gestão do projeto, e riscos globais. Esta categorização auxilia os responsáveis pela gestão de projetos sobre quais riscos esse processo tem influências. O anexo A apresenta a taxonomia para os fatores de riscos em gestão de projetos.

4. Método

Dado o objetivo da pesquisa, utilizou-se o estudo de caso como método, por buscar solucionar um problema empresarial com uma abordagem científica. Segundo Turrioni e Mello (2012) o Estudo de Caso envolve o estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos de modo que permita o seu amplo conhecimento.

O estudo de caso foi realizado em uma empresa brasileira fabricante de implementos agrícolas, que é considerada como uma das principais empresas deste segmento e precursora do agronegócio no Brasil, sendo atualmente exportadora de seus produtos para mais de 36 países.

A escolha desta empresa deu-se também pelo fato da empresa estar associada a um seguimento da indústria que tem representatividade na economia brasileira, além de possuir uma área dedicada ao desenvolvimento de novos implementos agrícola. A área interna que desenvolve os implementos na empresa é chamada de Pesquisa e Desenvolvimento, e adota um modelo de referência para o processo de desenvolvimento de produtos e práticas de gerenciamento de projetos como método de trabalho.

No estudo de caso, pode-se levantar, a partir de análises de documentos, registros, e entrevistas com envolvidos na gestão de projetos os principais fatores de riscos presentes nos projetos desta empresa.

Na etapa inicial da pesquisa, fez-se uma revisão bibliográfica, considerando as bases de dados de periódicos: *Scielo*, *Scopus*, *Emerald*, *Science Direct* e *Web of Science*, com as palavras chave (português e inglês): gestão de projetos, gestão de riscos, gerenciamento de projetos, gestão de riscos em projetos, e fatores de risco em gestão de projetos. Foram selecionadas as

publicações que contribuíam para a identificação e categorização dos fatores de riscos no gerenciamento de projetos.

4.1. Estudo de caso

O estudo de caso aplicado neste trabalho seguiu três fases:

- a) Identificação na literatura dos fatores de riscos em projetos e formulação da hipótese de pesquisa: Os fatores de riscos na gestão de projetos podem ser priorizados?
- b) Planejamento do estudo de caso: Elaboração de um formulário semiestruturado para levantamento dos riscos na gestão de projetos. Para isso foi utilizado como base a taxonomia de Hofman e Grela (2017). Comunicação sobre o estudo aos principais envolvidos com o desenvolvimento de produtos;
- c) Coletar e analisar os dados: A coleta de dados foi realizada por meio do formulário, anexo A, aplicado a partir de entrevistas com os envolvidos no processo de desenvolvimento de produto. Os dados foram analisados e a categorização das prioridades dos riscos foi feita por meio do método da matriz de riscos.

4.1.1. Identificação e análise dos riscos na empresa

A identificação dos riscos na empresa foi realizada por meio de entrevista com os participantes experientes nos projetos, e especialistas no assunto. A entrevista foi semiestruturada, ou seja, o entrevistador seguiu um conjunto de afirmativas pré-definidas, e manteve liberdade para discutir outras informações que pudessem surgir no decorrer da entrevista.

O roteiro de entrevista contém afirmações, que o entrevistado poderia responder, em uma escala de “concorda totalmente” até “discorda totalmente” sobre a afirmativa apresentada. Foram selecionados oito profissionais da empresa que atuam diretamente no processo de desenvolvimento de implementos agrícola. Os entrevistados ocupam os seguintes cargos: quatro são projetistas, dois são engenheiros de produto, um é Gerente de Engenharia e um Administrador de Engenharia. Procurou-se manter nas entrevistas a compreensão das diferentes visões, referentes aos fatores de risco.

Uma vez realizada as entrevistas, os dados foram tabulados, e classificados em dois grupos de

riscos:

- Grupo 1: corresponde aos riscos de maior ocorrência nas entrevistas, ou seja, existe concordância de sua existência no processo de desenvolvimento de produtos e, portanto, necessitam de uma avaliação em termos de sua criticidade;
- Grupo 2: corresponde aos riscos em que as respostas não apresentaram uma maioria, ou um consenso. Para a classificação destes riscos, seria necessária uma discussão interna dos envolvidos. Este grupo de fatores de risco não foi analisado neste estudo.

Os resultados obtidos no grupo 1 foram discutidos e consolidados com os respondentes e permitiram classificar os fatores de risco pertinentes ao gerenciamento de projeto no desenvolvimento de produto da empresa. O Quadro 1 apresenta o Grupo 1 e 2 dos riscos identificados.

Quadro 1 – Grupo de riscos identificados na empresa estudada

Fatores de risco - Grupo 1		
Fator	Descrição	Tipo
1	A empresa registra todas as informações para facilitar a comunicação do fluxo das informações.	Riscos Inerentes
2	A empresa monitora as competências (educação, treinamentos, experiências) adequadas dos responsáveis no desenvolvimento de projetos.	Riscos Inerentes
3	Há compatibilidade entre a estrutura e a estratégia da organização principal da empresa.	Riscos Estruturais
4	O balanço do portfólio de projeto da empresa é adequado.	Riscos Estruturais
5	A empresa controla adequadamente o ciclos de vida de projetos desenvolvidos. (não excede os custos, não prorroga os prazos de entrega)	Riscos Globais
6	A empresa mantém um método de gestão de riscos para lidar com os fatores de riscos.	Riscos Inerentes
7	A empresa controla a estimativa de custos no desenvolvimento de projetos.	Riscos Globais
8	Há conflitos entre os responsáveis dos projetos e o programa dentro do portfólio da empresa.	Riscos Inerentes
10	Há conflitos entre objetivos do projeto e programas executados dentro do portfólio da empresa.	Riscos Globais
13	A empresa considera os portfólios muito grande do ponto de vista da capacidade dos desenvolvedores de projetos.	Riscos Estruturais
19	Houve ocorrência na empresa de não-conformidades da estratégia dos elemento-chave com a estratégia do projeto.	Riscos Globais
Fatores de risco - Grupo 2		
Fator	Descrição	Tipo
20	A empresa está preparada para lidar com mudanças significativas no ambiente do projeto.	Riscos Inerentes
21	A empresa está preparada para lidar com mudanças na abordagem das principais partes interessadas do projeto.	Riscos Inerentes
22	A empresa está preparada para lidar com mudanças significativa nos parâmetros básicos de determinados elementos do portfólio.	Riscos Inerentes
23	A empresa realiza a revisão das prioridades para identificar se há prioridades definidas incorretamente para os elementos específicos do portfólio.	Riscos Inerentes
25	Há formulação de contratos de preço fixo para os elementos do desenvolvimento do projeto da empresa.	Riscos Globais

Fonte: Elaborado pelos autores, baseado nas respostas do formulário do Anexo A

Segundo os entrevistados os riscos associados as atividades de registros de informações e não-conformidades, que estão diretamente relacionados ao controle de projetos, estão entre os

riscos em que a empresa está vulnerável. Segundo Firmenich (2017), o controle em gestão de projeto quando eficientes, reduzem a possibilidade de não-conformidades e auxiliam na identificação para proposta de melhorias. Porém, para que o controle seja realizado é necessário o registro de informações, pois fornecem fundamentos reais para a melhoria das atividades, bem como de todo o processo. As decisões relativas a criação de registros leva em consideração a necessidade de aprendizado contínuo da organização (ASSI, 2013).

Os entrevistados também relataram que os métodos relacionados a gestão de riscos não estão disponíveis na empresa. As atividades relacionadas ao portfólio dos produtos, como diversidade, conflitos entre os responsáveis e objetivos, apresentam vulnerabilidades. Segundo Sanchez et al. (2009) o portfólio transfere as necessidades estratégicas para a definição do projeto e vinculam a estratégia de negócios ao conjunto de projetos da organização. Moraes (2016) completa que a mitigação dos conflitos internos a organização, permite a difusão e promoção dos valores e metas organizacionais, a fim de buscar o compromisso e a integração de todos os níveis.

Uma vez identificados os riscos associados a gestão de projetos na empresa, uma questão que se coloca é: quais desses riscos tem maior impacto e probabilidade de ocorrência na gestão de projetos ao se desenvolver os produtos da empresa? A questão é importante na medida em que uma priorização dos riscos permitirá o direcionamento de ações para mitigar e evitar os riscos nos projetos. Para auxiliar a avaliação desta questão a Matriz de Riscos foi utilizada. Segundo Aouati (2017) a matriz de riscos é uma ferramenta de apoio à decisão para estabelecer prioridades de ação a serem empreendidas pela empresa. A matriz de risco consiste em estimar a probabilidade de ocorrência e o impacto do risco na organização. A Figura 3 mostra a representação da matriz de risco, relacionando a probabilidade, impacto e orientação das ações (MAHAMID, 2011).

Figura 3 – Matriz de probabilidade, impacto e orientação

Probabilidade	Muito alta	Evitar				
	Alta					
	Média	Aceitar				
	Baixa					
	Remota					
		Muito baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito alto
		Grau de impacto				

Fonte: Adaptado de Mahamid (2011)

Na matriz foi analisado a probabilidade de ocorrência e o impacto dos riscos em relação aos

objetivos do projeto (escopo, tempo, custo e qualidade). Se existe uma probabilidade média e o impacto alto, então tem-se como orientação mitigar o risco. Neste caso, é necessário o estabelecimento de ações preventivas. A análise completa dos riscos identificados no Grupo 1 está representada no Quadro 2.

O Quadro 2 apresenta a priorização dos riscos e a orientação sobre que tipo de respostas serão dados aos riscos, ou seja, que decisões devem ser tomadas e ações de melhoria para evitar que os riscos ocorram, assim como as ações preventivas (para mitigar o risco atuando em sua causa). Como resultado, observa-se que as orientações dadas aos riscos devem ser no mínimo mitigadas, mostrando que são riscos críticos a empresa.

Quadro 2 – Priorização dos riscos

Fatores de risco - Grupo 1				
Fator	Descrição	Matriz de risco		
		Probabilidade	Grau de impacto	Orientação
1	A empresa registra todas as informações para facilitar a comunicação do fluxo das informações.	Média	Médio	Mitigar
2	A empresa monitora as competências (educação, treinamentos, experiências) adequadas dos responsáveis no desenvolvimento de projetos.	Baixa	Alto	Mitigar
3	Há compatibilidade entre a estrutura e a estratégia da organização principal da empresa.	Baixa	Alto	Mitigar
4	O balanço do portfólio de projeto da empresa é adequado.	Média	Médio	Mitigar
5	A empresa controla adequadamente o ciclos de vida de projetos desenvolvidos. (não excede os custos, não prorroga os prazos de entrega)	Média	Muito alto	Evitar
6	A empresa mantém um método de gestão de riscos para lidar com os fatores de riscos.	Média	Alto	Mitigar
7	A empresa controla a estimativa de custos no desenvolvimento de projetos.	Alta	Alto	Evitar
8	Há conflitos entre os responsáveis dos projetos e o programa dentro do portfólio da empresa.	Alta	Médio	Mitigar
10	Há conflitos entre objetivos do projeto e programas executados dentro do portfólio da empresa.	Alta	Médio	Mitigar
13	A empresa considera os portfólios muito grande do ponto de vista da capacidade dos desenvolvedores de projetos.	Muito Alta	Médio	Evitar
19	Houve ocorrência na empresa de não-conformidades da estratégia dos elemento-chave com a estratégia do projeto.	Baixa	Muito alto	Mitigar

Fonte: Elaborado pelos autores

Neste estudo, pode-se definir um grupo de fatores de riscos, para os quais a empresa deve elaborar um plano detalhado com ações de melhoria, iniciando pelos riscos a serem evitados, e em seguida os riscos a serem mitigados. Este resultado é uma mostra de priorização dos riscos, constituindo de uma proposta inicial de um programa de gestão de riscos que a empresa poderá implantar, para em um médio prazo ter os riscos na gestão de projetos controlados.

5. Conclusões

A gestão de riscos deve ser parte integrante de um projeto, provendo os gestores com informações para a tomada de decisões necessárias ao sucesso do projeto (ZHANG; FAN, 2013; RODNEY et al., 2015). Neste sentido, as conclusões descritas neste trabalho se limitam ao estudo realizado, mas fornecem orientações para outras pesquisas, algumas práticas que podem ser utilizadas pelas empresas que pretendem incorporar a gestão de riscos na gestão de projetos.

A principal contribuição observada no trabalho foi o levantamento na literatura dos fatores de riscos em gestão de projetos e a sua verificação de ocorrência em uma empresa, que tem o desenvolvimento de produtos como referência estratégica para sua sobrevivência no mercado. Pode evidenciar que a entrevista é uma ferramenta importante na identificação dos riscos organizacionais e a matriz de riscos uma boa ferramenta para gerar informações para a tomada de decisão sobre a criticidade e priorização desses riscos.

A atenção na gestão de riscos concentra-se nas etapas iniciais – identificação e análise, pois a eficácia das etapas posteriores dependerá delas. Caso a empresa não identifique e analise adequadamente os riscos, os recursos despendidos para realizar a mitigação e a melhoria serão perdidos.

A qualidade dos resultados obtidos deve-se aos seguintes fatos: seleção de uma equipe representativa para as entrevistas na identificação dos riscos, que no caso contou com a participação da administração e da gerência nas entrevistas e na discussão coletiva nas análises dos riscos, resultando em informações integradas com a equipe de projetos.

Pode-se verificar que parte significativa dos riscos em gestão de projetos, apontados na literatura (HOFMAN; GRELA, 2017) foram detectados na empresa estudada. Para a empresa, muitos desses riscos não eram percebidos e não eram considerados em sua gestão. Como proposta de continuidade ao trabalho, para a empresa estudada, cabe a implementação das demais etapas da gestão de riscos, determinando e implementando ações e controles regulares, para a verificação da incidência desses riscos, de modo a avaliar a eficácia das ações implementadas.

Propõe-se como trabalho futuro a investigação dos fatores de riscos em gestão de projetos em várias empresas de outros segmentos, e avaliar possíveis associações dos fatores de riscos com outras características como tamanho da empresa, assim como os tipos de projetos. Pode-se também aplicar esta abordagem de gestão de riscos aos demais processos da empresa, a fim

de se determinar o conjunto de riscos que a empresa está vulnerável e deve se preocupar.

REFERÊNCIAS

ABDALHAMID, S.; MISHRA, A. Factors in Agile Methods Adoption, *TEM Journal*, v. 6, n. 2, p. 416-421, 2017.

AHMED, Q.; KHAN, F.; RAZA, S. A risk-based availability estimation using Markov method, *International Journal of Quality & Reliability Management*, v. 31, n. 2, p. 106-128, 2014.

ALBERT, M.; BALVE, P.; SPANG, K. Evaluation of project success: a structured literature review, *International Journal of Managing Projects in Business*, v 10, n. 4, p. 796-821, 2017.

AOUATI, M. S.; CHAIB, R.; COZMINCA, I.; VERZEA, I. Map risks in the company: highlight at the top priority risks, *World Journal of Engineering*, v. 14, n. 6, p. 550-555, 2017.

ARNABOLDI, M.; LAPSLEY, I. Enterprise-wide risk management and organizational fit: a comparative study, *Journal of Organizational Effectiveness: People and Performance*, v. 1, n. 4, p. 365-377, 2014.

ASSI, M. *Gestão de riscos com controles internos: ferramentas, certificações e métodos para garantir a eficiência dos negócios*. São Paulo: Saint Paul Editora, 2013.

BOGODISTOV, Y.; WOHLGEMUTH, V. Enterprise risk management: a capability-based perspective, *The Journal of Risk Finance*, v. 18, n. 3, p. 234-251, 2017.

BOWERS, J.; KHORAKIAN, A. Integrating risk management in the innovation project, *European Journal of Innovation Management*, v. 17, n. 1, p. 25-40, 2014.

CAMPANELLI, A. S.; PARREIRAS, F. S. Agile methods tailoring – A systematic literature review, *Journal of Systems and Software*, v. 10, p. 85-100, 2015.

CRUZ, Fabio. Scrum e PMBOK: Unidos no Gerenciamento de Projetos, Rio de Janeiro: Brasport, 2013.

FIRMENICH, Jennifer. Customisable framework for project risk management, *Construction Innovation*, v. 17, n. 1, p. 68-89, 2017.

IBGC. Gerenciamento de riscos corporativos: evolução em governança e estratégia. São Paulo: Instituto Brasileiro de Governança Corporativa (IBGC), 2017. (Série Cadernos de Governança Corporativa, 19). 64p.

ISO 31000. Gestão de riscos – Princípios e diretrizes, 2009.

HARDY-VALLEE, B. The Cost of Bad Project Management. *Business Journal*, 2012. Disponível em: <<http://news.gallup.com/businessjournal/152429/cost-bad-project-management.aspx>> Acesso em: 20 abr. 2018.

HARTONO, B.; SULISTYO, S. R.; PRAFTIWI, P. P.; HASMORO, D. Project risk: Theoretical concepts and stakeholders' perspectives, *International Journal of Project Management*, v. 32, n. 3, p. 400-411, 2013.

HARTONO, B.; WIJAYA, D. F. N.; ARINI, H. H. An empirically verified project risk maturity model: Evidence from Indonesian construction industry, *International Journal of Managing Projects in Business*, v. 7, n. 2, p. 263-284, 2014.

HODA, R.; MURUGESAN, L. K. Multi-level agile project management challenges: A self-organizing team perspective, *Journal of Systems and Software*, v. 117, p. 245-257, 2016.

HOFMAN, M.; GRELA, G. Taxonomy of the project portfolio risks - an empirical investigation, *Procedia Computer Science*, v. 121, p. 137-144, 2017.

KHAMENEH, A.; TAHERI, A.; ERSHADI, M. Offering a framework for evaluating the performance of Project risk management system, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, v. 226, p. 82-90, 2016.

KNIGHT, K. W. Future ISO 31000 standard on risk management. *ISO Management Systems*, July-August, 2007.

MAHAMID, I. Risk matrix for factors affecting time delay in road construction projects: owners' perspective, *Engineering, Construction and Architectural Management*, v. 18, n. 6, p. 609-617, 2011.

MORAES, G. Sistema de Gestão de Riscos – Princípios e Diretrizes – ISO31000 Comentada e Ilustrada. 2ª Ed., v. 1, Rio de Janeiro: 2016.

PMI - PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE – PMI, *PMBOK Guide: A Guide to the Project Management Body of Knowledge*, Pennsylvania: Project Management Institute, 6th ed, 2017.

RODNEY, E.; DUCQ, Y.; BREYSSE, D.; LEDOUX, Y. An integrated management approach of the project and project risks, *IFAC (International Federation of Automatic Control) - PapersOnLine*, v. 48, n. 3, p. 535-540, 2015.

SAMANTRA, C.; DATTA, S.; MAHAPATRA, S. S.; DEBATA, B. R. Interpretive structural modelling of critical risk factors in software engineering project, *Benchmarking: An International Journal*, v. 23, n. 1, p. 2-24, 2016.

SANCHEZ, H.; ROBERT, B.; BOURGAULT, M.; PELLERIN, R. Risk management applied to projects, programs, and portfolios, *International Journal of Managing Projects in Business*, v. 2, n. 1, p. 14-35, 2009.

SPUNDAK, M. Mixed agile/traditional project management methodology – reality or illusion? *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, v. 119, p. 939-948, 2014.

STANDARD NEW ZEALAND. Risk Management. 2018. Disponível em: <<https://www.standards.govt.nz/search-and-buy-standards/standards-information/risk-managment/>>. Acesso em: 28/03/2018.

STANKOVIC, D.; NIKOLIC, V.; DJORDJEVIC, M.; CAO, D. A survey study of critical success factors in agile software projects in former Yugoslavia IT companies, *The Journal of Systems and Software*, v. 86, p. 1663–1678, 2013.

TESSEM, Bjornar. The customer effect in agile system development projects. A process tracing case study, *Procedia Computer Science*, v. 121, p. 244–251, 2017.

TURRIONI, J. B.; MELLO, C. H. P. Metodologia de pesquisa em Engenharia de Produção: estratégias, métodos e técnicas para condução de pesquisas quantitativas e qualitativas. Itajubá: Unifei, 2012.

World Economic Forum – WEF. The Global Risks Report 2018, 13th Edition. Disponível em: <<http://reports.weforum.org/global-risks-2018/>> Acesso em: 12/04/2018.

WU, D.; DAI, Q.; ZHU, X. Measuring the effect of Project risks based on Shapley value for Project risk response. *Procedia Computer Science*, v. 91, p. 774-778, 2016.

WU, Z.; NISAR, T.; KAPLETIA, D.; PRABHAKAR, G. Risk factors for project success in the Chinese construction industry, *Journal of Manufacturing Technology Management*, v. 28, n. 7, p. 850-866, 2017.

YIM, R.; CASTANEDA, J.; DOOLEN, T.; TUMER, I.; MALAK, R. A study of the impact of project classification on project risk indicators, *International Journal of Project Management*, v. 33, n. 4, p. 863-876, 2014.

ZHANG, Y.; FAN, Z. An optimization method for selecting project risk response strategies, *International Journal of Project Management*, v. 32, n. 3, p. 412-422, 2013.

ANEXO A

IDENTIFICAÇÃO DOS RISCOS NA GESTÃO DE PROJETOS						
Nome:						
Função:						
Marque com X somente uma opção as seguintes afirmativas, de acordo com sua opinião e experiência na área. Legenda: 5-Concordo, 4-Concordo parcialmente, 3-Indiferente, 2-Discordo parcialmente, 1-Discordo totalmente						
	Riscos Inerentes					
	Riscos Estruturais					
	Riscos Globais					
	Afirmativas					
		1	2	3	4	5
1	A empresa registra todas as informações para facilitar a comunicação do fluxo das informações.					
2	A empresa monitora as competências (educação, treinamentos, experiências) adequadas dos responsáveis no desenvolvimento de projetos.					
3	Há compatibilidade entre a estrutura e a estratégia da organização principal da empresa.					
4	O balanço do portfólio de projeto da empresa é adequado.					
5	A empresa controla adequadamente o ciclos de vida de projetos desenvolvidos. (não excede os custos, não prorroga os prazos de entrega)					
6	A empresa possui um método de gestão de riscos para lidar com os fatores de riscos.					
7	A empresa controla a estimativa de custos no desenvolvimento de projetos.					
8	Há conflitos entre os responsáveis dos projetos e o programa dentro do portfólio da empresa.					
9	Há conflitos entre os responsáveis dos projetos e os tomadores de decisão da organização da empresa.					
10	Há conflitos entre objetivos do projeto e programas executados dentro do portfólio da empresa.					
11	Há conflitos entre responsáveis de portfólio e responsáveis de elemento do portfólio da empresa.					
12	A empresa já passou por experiências que não deram certo na aplicação de soluções técnicas e uso de materiais inovadores.					
13	A empresa considera o portfólio de projetos muito grande do ponto de vista da capacidade dos desenvolvedores de projetos.					
14	Há ampla diversidade de portfólio de projetos do ponto de vista da capacidade aplicada dos desenvolvedores da empresa.					
15	Há no desenvolvimento dos projetos fragmentação (divisão) significativa do portfólio de projeto da empresa					
16	A empresa já passou por experiências que houve indisponibilidade de recursos para executar trabalhos dentro do desenvolvimento do projeto.					
17	A empresa enfrenta problemas para conseguir financiamento de capital para desenvolver os projetos.					
18	Há a possibilidade de falta de liquidez financeira dentro do desenvolvimento de projeto da empresa					
19	Houve ocorrência na empresa de não-conformidades da estratégia dos elemento-chave com a estratégia do projeto.					
20	A empresa está preparada para lidar com mudanças significativas no ambiente do projeto.					
21	A empresa está preparada para lidar com mudanças na abordagem das principais partes interessadas do projeto.					
22	A empresa está preparada para lidar com mudanças significativa nos parâmetros básicos de determinados elementos do portfólio.					
23	A empresa realiza a revisão das prioridades para identificar se há prioridades definidas incorretamente para os elementos específicos do portfólio.					
24	A transferência das informações e conhecimentos entre os envolvidos no projeto é adequada.					
25	Há formulação de contratos de preço fixo para os elementos do desenvolvimento do projeto da empresa.					
26	A empresa já passou por colapso do financiamento do desenvolvimento de projeto.					
27	A empresa possui padrões (procedimentos, regras documentadas) para o gerenciamento de projetos.					
28	A empresa possui padrões (procedimentos, regras documentadas) para o desenvolvimento de produto dentro do escopo do gerenciamento de projetos.					
29	A empresa possui comitês para avaliar o desenvolvimento de projetos.					
30	A empresa monitora adequadamente as competências (educação, treinamentos, experiências) dos responsáveis das estruturas de suporte.					
31	No desenvolvimento dos projetos da empresa há homogeneidade significativa do portfólio de projetos.					
32	A empresa coordenada os principais recursos na execução do desenvolvimento do projeto.					
33	Há o envolvimento dos responsáveis de nível superior e médio na execução de portfólios da empresa.					
34	Há relações entre os produtos criados e os elementos do projetos da empresa.					
35	A estrutura hierárquica da empresa é excessivamente complicada para gestão de projetos.					
36	Há instabilidade das equipes de gerenciamento de projetos e a possibilidade de perder os principais responsáveis na empresa.					

Capítulo 18

LOGÍSTICA REVERSA EM UMA EMPRESA DE USINAGEM NO NORTE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL

Mario Fernando de Mello
Rafaela Maggioni
Arthur Zago de Mello

LOGÍSTICA REVERSA EM UMA EMPRESA DE USINAGEM NO NORTE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL

Mario Fernando de Mello

Rafaela Maggioni

Arthur Zago de Mello

Resumo

A cada dia as empresas estão buscando novas formas de reciclagem e reaproveitamento dos seus produtos ou buscando realizar corretamente o descarte de seus produtos através dos conceitos de logística reversa. O trabalho em questão foi realizado em uma empresa prestadora de serviços de usinagem, localizada no norte do Estado do Rio Grande do Sul, tendo por finalidade fazer uma análise sobre a logística reversa aliada a um estudo de caso, bem como propor sugestões para que a empresa realize a logística reversa e o descarte correto dos resíduos que não tenham mais utilidade para a empresa. Para se alcançar o conhecimento e fontes de pesquisa para a prática e execução do trabalho foi realizada uma pesquisa bibliográfica do tema em questão e um estudo de caso nas práticas da empresa estudada. Após o estudo e análise, concluiu-se que há possibilidade da implementação para a realização da logística reversa e descarte dos materiais que não podem mais ser aproveitados. Sugeriu-se à empresa que tenha um local para armazenar temporariamente os produtos de descarte, e quando acumular um número significativo de resíduos para descarte, entrar em contato com a empresa que realiza a coleta seletiva deste tipo de material na cidade, para que ela possa realizar o destino final do produto corretamente, sem que haja impacto para o meio ambiente.

Palavras-chave: logística reversa; reciclagem; descarte.

1. Introdução

Estamos em uma época em que as empresas estão em constante crescimento, e mais competitivas entre si. Com isso, a logística reversa tem um papel importante para que a empresa que a utiliza se destaque das demais.

A logística reversa está, também, ligada à redução de custos, onde a mesma pode trazer

consideráveis economias e retornos para as empresas, como a reutilização de embalagens retornáveis ou até mesmo o reaproveitamento da matéria-prima para a produção de novos produtos.

Hoje, cada vez as informações chegam mais rápido aos consumidores e conseqüentemente os mesmos tem maior conhecimento sobre o mercado como um todo. Com isso os consumidores se tornaram mais exigentes. Já as empresas, para conseguirem suprir um mercado cada dia mais competitivo, investem em novas tecnologias e inovações mercadológicas.

A logística empresarial no Brasil está passando por um período de extraordinárias mudanças. Com isso as organizações líderes serão àquelas que não deixarão negligenciada a logística reversa, uma vez que com isso podem apresentar vantagens competitivas em relação aos seus concorrentes.

Atualmente, com o avanço da tecnologia, as empresas e indústrias aumentaram sua preocupação com o meio ambiente, pois a ausência dessa preocupação acaba esgotando recursos naturais não renováveis, sendo sua utilização, muitas vezes, maior que a necessária. A logística reversa veio para mostrar que é preciso reutilizar, reaproveitar, reciclar e descartar de forma correta os produtos finais, ou mesmo fases intermediárias de processos produtivos.

Mas para que isso aconteça a empresa tem que ter a consciência de realizar esse descarte corretamente, pois com uma empresa realizando este processo, outras empresas poderão seguir o exemplo e adaptarem os seus processos gerando um ciclo virtuoso de proteção ao meio ambiente.

O processo logístico de retirar do mercado produtos ou resíduos destes e redistribuí-los usando regras de gerenciamento dos materiais que valorizem os itens no final de sua vida útil, ou seja dar novo destino a produtos que não tenham mais utilidade, são funções os objetivos da logística reversa. Também, transformar novamente em matéria-prima resíduos provenientes de processos produtivos, além de maximizar valor protegem o meio ambiente de receber inadequadamente estes resíduos.

No desenvolvimento do presente trabalho analisa-se a logística reversa de resíduos de materiais de ferro, provenientes do processo de usinagem executado pela empresa estudada, concentrando-se nas formas de descarte e os impactos causados ao meio ambiente, caso não ocorra o descarte correto.

1.1. Objetivos

O Objetivo geral do trabalho é realizar uma análise sobre a logística reversa aliada a um estudo de caso em uma empresa prestadora de serviços de usinagem localizada no norte do Estado do Rio Grande do Sul.

Como objetivos específicos o trabalho se propõe a verificar os procedimentos para realizar a logística reversa; identificar as formas de descarte; identificar empresas que realizam este tipo de descarte na região objeto deste estudo; propor sugestões para o descarte correto dos resíduos.

2. Revisão da literatura

O conceito de logística ainda é muito recente no Brasil. Sua difusão começou timidamente no início da década de 1990 a partir da abertura econômica que o país começava a vivenciar. A partir de 1994 com a estabilização econômica que o país vivenciou, as práticas logísticas cresceram e as empresas perceberam a necessidade de urgência no tratamento da logística empresarial.

2.1. Conceito de logística

Segundo Leite (2009) a logística pode ser entendida como uma das mais antigas e inerentes atividades humanas na medida em que sua principal missão é disponibilizar bens e serviços gerados por uma sociedade, nos locais, no tempo, nas quantidades e na qualidade em que são necessários aos utilizadores. Embora, muitas vezes, seja decisiva em operações militares históricas, sua introdução como atividade empresarial tem sido gradativa ao longo da história empresarial, de uma simples área de estocagem de matérias a uma área estratégica no atual cenário concorrencial.

Ainda conforme o mesmo autor, a logística é a atividade mais antiga do ser humano, e se tornou mais importante partir da Segunda Guerra Mundial. Com o tempo foram sendo realizadas novas técnicas e tecnologias operacionais para o melhor funcionamento da logística em qualquer setor de mercado.

Para Novaes (2001) os sistemas logísticos formam as bases para o comércio e a logística pode ser definida como sendo o processo de planejar, implementar e controlar de maneira eficiente

o fluxo e a armazenagem de produtos, serviços e informações cobrindo desde o ponto de origem até o ponto de consumo, buscando atingir os requisitos exigidos pelos consumidores.

2.2. Logística empresarial

A logística empresarial é responsável por estudar como a administração pode prover o nível de rentabilidade nos serviços de distribuição aos clientes e consumidores, fazendo planejamento, organizando e controlando com o objetivo de facilitar o fluxo de produtos.

Para Ballou (2011) a logística está em constante evolução tonando-se, desta forma, imprescindível para o crescimento das empresas em busca de novos clientes. Sistemas logísticos eficientes formam as bases para o comércio e a indústria. A partir da segunda guerra mundial a logística deixou de ser preocupação exclusiva do ambiente militar e passou a ser foco de maior atenção por parte das empresas.

Segundo Razzolini e Berté (2009) é possível perceber pela globalização, que o ambiente organizacional muda em virtude de novas teorias ou fatos sociopolíticos e econômicos, exigindo que o sistema logístico se adapte a tais mudanças oriundas do meio externo. Essa adaptação do sistema logístico às mudanças ambientais, tanto internas quanto externas, provocou mudanças positivas, tornando os sistemas logísticos mais eficientes, porém, isso também exige profissionais mais bem qualificados, com visão abrangente e sistêmica das organizações, pois a logística passa a ser vista como um importante elemento da estratégia competitiva organizacional.

Neste contexto organizacional empresarial Ballou (2011) ressalta a importância da logística reversa como um novo conceito que os processo produtivos precisam atender objetivando às questões relacionadas ao meio ambiente e aos aspectos sociais. Neste período de consolidação da globalização surgem as preocupações com as questões ecológicas e ambientais exatamente pela percepção de que ocorrências em qualquer lugar do planeta podem afetar outras regiões.

2.3. Logística reversa

A logística reversa mesmo sendo tema ainda recente, merece o estudo de vários pesquisadores e autores, assim veremos o conceito de alguns desses autores.

Segundo Biazzini (2002) os objetos de estudo da logística reversa são os fluxos de materiais que vão do usuário final do processo logístico original (ou de outro ponto anterior, caso o

produto não tenha chegado até esse) até um novo ponto de consumo ou reaproveitamento.

Razzolini Filho e Zarpelon (2005) salientam que a logística reversa é importante para gerar uma imagem positiva para as empresas que a empregam, pois ela atenta para os aspectos de gestão ambiental, adequada com padrões de ecodesenvolvimento, além de gerar impulso para novas tecnologias e bioprocessos de reaproveitamento e reciclagem.

Leite (2009) define a logística reversa como a atividade que planeja opera e controla o fluxo e as informações logísticas correspondentes do retorno dos bens de pós venda e de pós consumo ao ciclo de negócios ou ao ciclo produtivo, através de canais de distribuição reversos, agregando-lhes valores econômicos, ecológicos, legal, de imagem corporativa, entre outros. Isto significa que depois dos produtos serem consumidos ou utilizados, podem voltar à mesma cadeia produtiva como matéria-prima, a qual será reutilizada nos processos produtivos.

Já, Razzolini Filho e Berté (2009) utilizam o conceito do Reverse Logistics Executive Council (RLEC) órgão de referencia mundial para o tema. Assim, logística reversa é mais precisamente o processo de movimentação de bens para destino final com o objetivo de recuperar o valor dos bens ou, senão, eliminá-los adequadamente. Além disso, para os mesmos autores, uma vez que ela é mais que a reutilização de recipientes e reciclagem de materiais de embalagem, podem ser incluídas na logística reversa:

- o processamento dos materiais retornados em função de danos, estoques sazonais, destinação de equipamentos obsoletos;
- as atividades de remanufatura e recondicionamento;
- os programas de reciclagem, tratamento de produtos perigosos e a recuperação do recurso.

2.3.1. Canais reversos de distribuição

De acordo com Leite (2009), os canais de distribuição reversos compõem várias etapas de venda e industrialização pelos quais são transportados os bens de utilidade até o seu procedimento de produção, pelo meio de reuso, remanufatura ou reciclagem.

Ainda segundo Leite (2009), os produtos industriais têm certo tempo de vida útil, que variam de semanas a anos. Depois deste período os mesmos são rejeitados pelos seus usuários, de várias formas, formando materiais ou bens de pós-consumo e detritos em geral.

A classificação dos bens de utilidade adotada pelo mesmo autor refere-se à duração de sua vida útil, por ser mais adequada na medida em que a preocupação principal da logística reversa é o equacionamento dos processos e caminhos percorridos por esses bens ou por seus materiais constituintes após o término de sua vida útil. Esses bens ou seus materiais constituintes transformam-se em produtos denominados de pós-consumo e podem ser enviados a destinos finais tradicionais, como incineração ou aterros sanitários, considerados meios seguros de estocagem e eliminação, ou retornar ao ciclo produtivo, por meio dos canais de desmanche, reciclagem ou reuso em uma extensão da sua vida útil.

Os produtos apresentam durações de vida útil que variam de dias a décadas. Pode-se considerar três categorias: bens descartáveis, bens semiduráveis e bens duráveis. Segue classificação dos bens conforme Leite (2009, p.39):

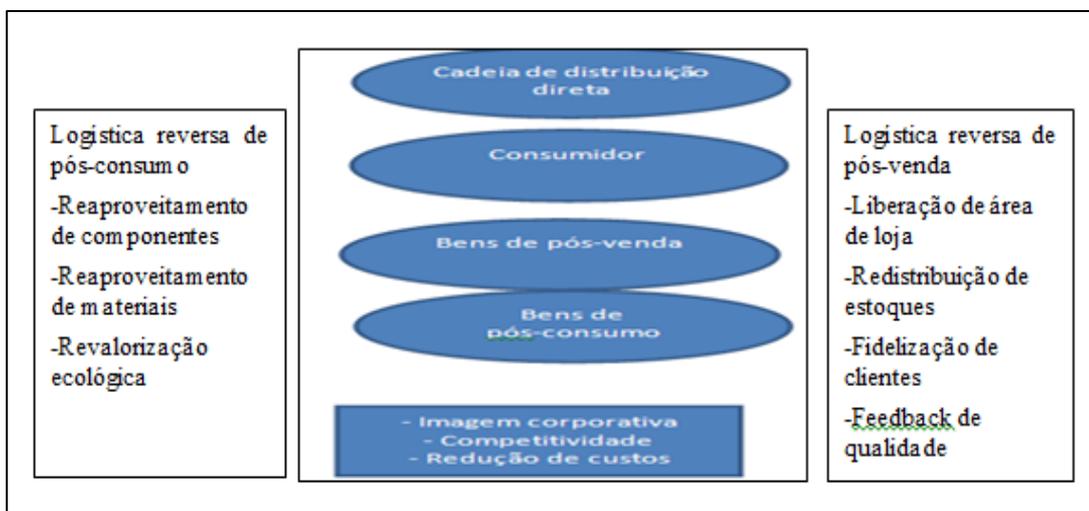
- Bens descartáveis: são os bens que apresentam duração média de vida útil média de algumas semanas, raramente superior a seis meses. Essa categoria de bens produzidos constitui-se tipicamente de produtos de embalagens, brinquedos, materiais para escritório, suprimento para computadores, artigos cirúrgicos, pilhas de equipamentos eletrônicos, fraldas, jornais, revistas, entre outros.
- Bens duráveis: são os bens que apresentam duração média de vida útil variando de alguns anos a algumas décadas. São bens produzidos para a satisfação de necessidades da vida social e incluem os bens de capital em geral. Fazem parte dessa categoria os automóveis, eletrodomésticos, eletroeletrônicos, máquinas e equipamentos industriais, edifícios de diversas naturezas, aviões, navios, entre outros.
- Bens semiduráveis: são bens que apresentam duração média de vida útil de alguns meses, raramente superior a dois anos. Trata-se de uma categoria intermediária que, sob o foco dos canais de distribuição reversos dos materiais, apresenta características de bens duráveis, ou de bens descartáveis. São bens como baterias de veículos, óleos lubrificantes, baterias de celulares, computadores e seus periféricos, revistas especializadas, dentre outros.

Leite (2009) salienta que o produto logístico de pós-venda, de natureza durável, semidurável ou descartável, constitui-se de bens comercializados por meio dos diversos canais de distribuição mercadológicos e que são devolvidos sem uso ou com pouco uso.

De acordo com Leite (2009, p.187-188):

“As quantidades de produtos que fluem nos canais reversos de pós-venda variam de acordo com o tipo de produto, ou seja, de características como sazonalidade, ciclo de vida comercial, giro de estoques, sistema de comercialização estabelecido, obsolescência, impacto do retorno no resultado operacional, condições tecnológicas de remanufatura ou reforma, entre outros motivos.”

Figura 1 - Logística reversa agregando valor

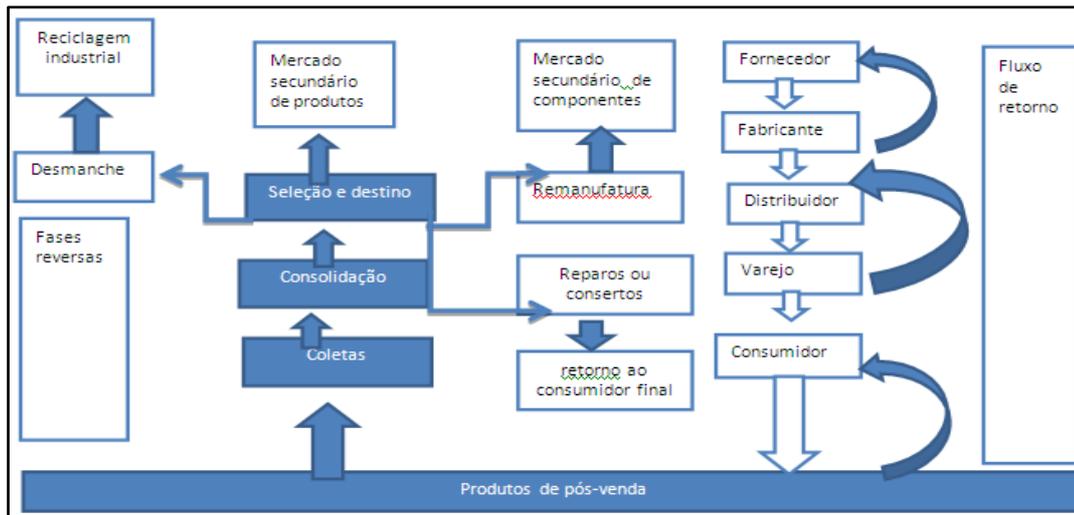


Fonte: adaptada de Leite, 2009.

Na figura 1 destacam-se, do lado direito, as fases da distribuição direta, que contribuem como fontes de origem do retorno, e as diversas possibilidades dos fluxos de retorno dos produtos entre os elos da cadeia direta. Ao lado esquerdo da figura apresentam-se as correspondentes fases reversas após a disponibilização dos produtos como pós-venda: a coleta dos produtos, as diversas possibilidades de consolidação reversa e a fase de seleção e destino concedido aos produtos retornados.

Na figura 2 estão evidenciados os diferentes descartes que são dados a uma certa quantidade de produtos que seguem a logística reversa.

Figura 2 - Fluxos reversos de pós-venda



Fonte: adaptada de Leite, 2009.

2.3.2. Fluxo logístico reverso

Trata-se de um grande desafio para as organizações em função do número de pontos de coleta a serem atingidos no processo reverso. Porém as organizações que conseguirem realizar essa integração com um mínimo de efetividade obterão ganhos em relação aos seus concorrentes. Segundo Razzolini Filho e Berté (2009) para implantar a logística reversa em uma organização deve-se observar os processos logísticos em suas definições gerais e amplas. Isso porque se temos o objetivo de conseguir o necessário lucro pela otimização dos recursos disponíveis, precisamos projetar os sistemas logísticos sempre em uma visão ampla em que se busca a integração dos processos necessários para a execução das atividades logísticas. Para os autores, os fluxos reversos envolvem os seguintes fatores:

- fornecedores – na manipulação de embalagens e reparos;
- fabricantes – quando operam com reciclagem ou eliminação dos resíduos;
- clientes – nos processos de minimizar excessos de estoques ou reparos.

Portanto, é necessário que as organizações comecem a considerar os fluxos logísticos reversos no planejamento de seus canais de distribuição, pois tem apresentado crescimento significativo o fluxo de produtos no sentido reverso, em virtude de devoluções, trocas ou mesmo reciclagem e recuperação de produtos, que leva a necessidade de reconhecermos a importância da logística reversa. (RAZZOLINI FILHO E BERTÉ, 2009)

2.3.3. As empresas e o meio ambiente

Segundo Dias (2011), as companhias têm papel fundamental na exaustão e pelas alterações que ocorrem nos recursos naturais, de onde retiram os insumos para a utilização de produção dos bens que serão usados pelo cliente final. A poluição do meio ambiente pelas empresas teve seu começo com a Revolução Industrial do século XIX, deste período para frente o problema teve um elevado crescimento, causando vários problemas ambientais. Acontece que os processos das indústrias consomem os recursos do meio ambiente através de insumos que, segundo às deficiências internas dos procedimentos, provocam detritos que podem causar a contaminação ao meio ambiente.

Ainda segundo o mesmo autor a contaminação do meio ambiente é causado pela incapacidade de poder reciclar 100% da matéria-prima em produtos, a partir dessa perda esses detritos acabam contaminando o meio em que vivemos. A partir do momento em que uma indústria quer reduzir as suas poluições, acaba tendo duas opções para isso: investir na instalação de tecnologias no seu processo para reter a contaminação que por ela gera, ou investir em ideias e atividades para combater essa contaminação ao longo do período de produção. Neste sentido há vários benefícios financeiros que podem ser obtidos pelas empresas ao reduzirem os resíduos lançados no meio ambiente. Entre esses benefícios financeiros estão:

- menores gastos com matéria-prima, energia e disposição de resíduos, com menor dependência de instalações de tratamento e de destinação final dos resíduos;
- redução ou eliminação de custos futuros decorrentes de processos de despoluição de resíduos enterrados ou de contaminação causada por eles;
- menores complicações legais (que representam ganhos obtidos pelo não pagamento de multas ambientais);
- menores custos operacionais e de manutenção;
- menores riscos, atuais e futuros, a funcionários, público e meio ambiente e, consequentemente, menores despesas.

Para Leite (2009), a sociedade, em todo o mundo, tem uma crescente preocupação com os mais variados aspectos do equilíbrio ecológico. Inúmeras pesquisas são realizadas para comprovar essa crescente preocupação e conscientização. O crescente aumento dos descartes de produtos de primeiro uso é caracterizado pela maior descartabilidade desses itens em geral,

não localizando um canal reverso bem estruturado e organizado, acaba provocando um maior desequilíbrio das quantidades descartadas e as reaproveitadas. Esse crescimento de sensibilidade ecológica tem sido acompanhado por ações de empresas e governos, de maneira reativa ou proativa e com visão estratégica variada, visando amenizar os efeitos mais visíveis dos diversos tipos de impacto ao meio ambiente, protegendo a sociedade e seus próprios interesses. Ainda segundo o autor o projeto inicial para a produção de produtos é onde devem ser considerados os impactos que esses resíduos e o futuro descarte podem causar ao meio ambiente, devendo ser realizada uma profunda análise de avaliação antes de se começar a realizar a produção em série desses produtos.

Conforme Leite (2009, p.122):

“As cadeias reversas dos metais em geral, apesar da informalidade comercial e da logística pouco desenvolvida em alguns países, apresentam excelentes níveis de reintegração de seus materiais ao ciclo produtivo, enquanto a cadeia reversa de plásticos, por exemplo, mesmo apresentando tecnologia de reciclagem acessível, encontra dificuldade para se estruturar.”

2.3.4. Reciclagem de ferro e aço

Muitos materiais podem ser reciclados. Os exemplos mais comuns são o papel, o vidro, o plástico e o metal. As maiores vantagens da reciclagem são a minimização da utilização de fontes naturais, muitas vezes não renováveis, e a minimização da qualidade de resíduos que necessita de tratamento final, como aterramento ou incineração. Em alguns casos, não é possível reciclar indefinidamente o material. A reciclagem dos metais e aço, por exemplo, não acarreta nenhuma perda de suas propriedades físicas, podendo, assim ser reciclado continuamente.

São os seguintes os tipos de sucata ferrosa:

- Sucata Interna: Gerada dentro da própria Usina Siderúrgica.
- Sucata Industrial: Gerada em metalúrgicas, fundições e plantas industriais
- Sucata de Obsolescência: Captada depois do consumo, provêm da coleta de qualquer material metálico colocado em desuso que estejam em condições de serem reciclados. A sucata de obsolescência é obtida com a cata em veículos

automotivos e de embalagens (latas de aço), máquinas, eletrodomésticos dentre outros. (MME, 2014).

Quadro 1 - As três fases empresariais de redução de resíduos

Fase	Objetivos	Atividades	Organização	Recursos
Reativa	Segue as leis. Busca economias.	<ul style="list-style-type: none"> • Recicla papéis e frascos. • Utiliza a imagem de recicláveis. 	Não existe organização formal	Mínimos.
Pró ativa	Antecipa-se às legislações. Adquire vantagem competitiva pelo cumprimento mais eficiente das leis.	<ul style="list-style-type: none"> • Define políticas de meio ambiente. • Realiza auditoria ambiental. • Compra materiais reciclados. • Recicla e reusa pallets, plásticos e produtos defeituosos, e processa refugos • Projeta produtos e serviços verdes. • Assume responsabilidade pelo reuso e a reciclagem por meio de parcerias e programas de distribuição reversa. 	<ul style="list-style-type: none"> • Comprometimento do presidente e da diretoria • Alto grau de comunicação em todos os níveis • Um ou dois programas novos. 	Procura evitar custos por intermédio de parcerias e <i>joint-ventures</i> .
À procura de valor	Integra atividade ambiental na estratégia da empresa. Operação da empresa visa a reduzir os impactos sobre o meio ambiente	<ul style="list-style-type: none"> • Usa análise do ciclo de vida para avaliar produtos e embalagens. • Projeta produtos para desmontagem, reciclagem ou reuso. • Cria vantagens competitivas em programas de distribuição reversa. • Solicita aos fornecedores comprometimento com os objetivos de redução de resíduos. • Usa terceirização na cadeia de distribuição reversa. • Desenvolve incentivos internos. • Realiza a revisão crítica de processos, produtos e processos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Presidente e diretoria estabelecem forte comprometimento. • Ações interdepartamentais para buscar soluções e progressos. • Possui gerentes de redução de resíduos e refugos. • Cada departamento contribui com novas ideias. 	Os programas tornam-se parte da operação empresarial.

Fonte: adaptado de Leite, 2009.

No quadro 1 estão evidenciadas atividades que as empresas podem se valer na busca de objetivos que visem a diminuição de geração de resíduos. A fase descrita como à procura de valor é aquela em que empresas que visam um diferencial competitivo frente às concorrentes devem perseguir. Aqui a alta direção da empresa está fortemente comprometida o que pode gerar um ciclo virtuoso em toda organização especialmente na busca da redução de resíduos e refugos.

3. Metodologia

Foi escolhida uma empresa do setor de prestação de serviços de usinagem de peças para a realização do presente trabalho, pois trata-se de um importante setor no que diz respeito a Logística Reversa.

A pesquisa se divide em duas fases. A primeira parte constitui-se de um levantamento bibliográfico dos principais conceitos e práticas que envolvem a logística, a logística reversa com suas implicações. A segunda parte um estudo de caso numa empresa localizada no norte do Estado do Rio Grande do Sul.

Segundo Yin (2010), o estudo de caso envolve variadas áreas distintas que podem ser investigadas com diferentes propósitos de pesquisa e desta forma colaborar com a descrição de fenômenos existentes. O estudo de caso é caracterizado pelo estudo de um ou poucos objetos de maneira a permitir um maior conhecimento deste objeto de estudo.

Assim este trabalho em sua segunda parte envolve um estudo de caso na empresa pesquisada cuja atividade caracteriza-se por ser grande geradora de resíduos sólidos de materiais ferrosos e que se não adequadamente tratados podem gerar grande impacto ao meio ambiente.

O estudo foi realizado durante os meses de abril e maio de 2014 no ambiente da empresa cujo nome não está sendo revelado a pedido dos proprietários da mesma.

4. Resultados

A empresa aqui estudada foi criada em 2007 com a decisão de comprar um torno CNC e prestar serviços de terceirização em usinagem, onde prestavam serviços para 12 clientes. Nos anos de 2008/2009 aconteceu uma crise e a empresa ficou praticamente sem clientes. Após o ocorrido a empresa conseguiu forças para reagir, e gradativamente foi conquistando novos clientes; com mais experiência, conquistou clientes importantes que utilizavam em tempo

integral toda demanda de horas/máquina em funcionamento. Com esse crescimento da empresa foi necessário fazer o investimento de compra de mais máquinas com tecnologia mais moderna. Com isso a empresa conquistou um dos maiores e mais importantes clientes da região, que atendem com exclusividade a fabricação das peças de usinagem.

4.1. Produtos fabricados

A empresa realiza a fabricação de vários tipos de peças oriundas do ferro, essas peças são fabricadas e criadas a partir da necessidade de seus clientes, são eles que determinam todas as características das peças, peso, tamanho, formato, e a quantidade necessária para a fabricação das mesmas. A empresa não possui estocagem de peças, ou seja, só é produzido o que é realmente vendido, o que está na carteira de pedido do cliente.

Na figura 3 está demonstrada a matéria-prima utilizada na usinagem de peças. São tubos de ferro cujo processo produtivo de usinagem irá originar pequenas peças que serão utilizadas em equipamentos de clientes. Os pedidos são atendidos de acordo com as especificações definidas pelos clientes.

Figura 3 – Matéria-prima (tubos de ferro)



Fonte: fornecida pela empresa, 2014.

Nas figuras 4 e 5 podem ser vistas as peças depois de executado o serviço de usinagem de acordo com as especificações definidas pelos clientes.

Figura 4 - peças prontas para utilização em implementos agrícolas



Fonte: fornecida pela empresa, 2014.

Figura 5 - Peças prontas para utilização em implementos agrícolas



Fonte: fornecida pela empresa, 2014.

Os processos produtivos da empresa geram em tempo de alta demanda em torno de 12 toneladas de resíduos por mês, e em baixa demanda em torno de 4 toneladas por mês.

Esses resíduos ficam estocados na própria empresa, onde existe um espaço reservado para esse material. Quando o espaço está com a ocupação máxima é chamada a empresa que realiza a coleta seletiva desse tipo de material. Esta empresa é a Sucatas Floresta, que está localizada na cidade de Carazinho. A empresa de coleta seletiva emite uma nota fiscal com os respectivos valores e o peso total dos resíduos que vão para o seu devido descarte, que é a siderúrgica, onde o material passa por derretimento e é utilizado como matéria prima para novas utilizações, como no setor de construção civil como ferro de construção entre outros.

Conforme a pesquisa realizada na empresa, a matéria prima, neste caso os tubos de ferro, é fornecida pelo cliente conforme acordo comercial. Para a empresa pesquisada é mais rentável receber a matéria prima do cliente, pois assim não é necessário realizar os processos de compras que envolvem cotações e riscos de variação de valores.

O processo de produção consiste primeiramente em realizar um orçamento de serviços, a pedido do cliente, mediante análise de amostras. A precificação do serviço é cotada através de uma tabela de preços que varia de acordo com o cliente e com a quantidade de peças produzidas.

A segunda etapa é o processo de produção, propriamente dito. Utilizando como matéria prima o ferro esse processo é realizado da seguinte maneira:

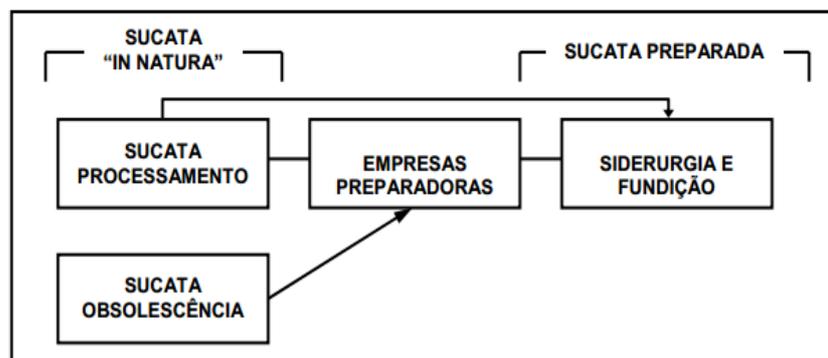
- o cliente encaminha para a empresa a matéria-prima (os tubos de ferro), onde lá é realizada a sua separação;
- após este processo o ferro passa por cortes, para serem utilizados nas máquinas que produzem as peças e acabamentos finais;

- para cada peça é realizado um processo computadorizado diferente, onde cada máquina recebe as informações das peças que irá produzir: formato, peso, tamanho, quantidade.

Já, o processo de reciclagem dos resíduos de ferro funciona da seguinte forma:

- como esses resíduos em geral estão em sua forma mais pura e limpa, passam por uma esteira para realizar o seu corte;
- após este processo são encaminhados para a esteira que realiza a prensa dos resíduos, para serem encaminhados para a área de depósito;
- quando tiver uma quantidade considerável na área de depósito a empresa pesquisada chama a empresa coletora para o recolhimento.
- a empresa coletora é responsável por dar o destino correto aos resíduos de ferro.

Figura 6 - Fluxo de processamento nas empresas preparadoras



Fonte: Ministério de Minas e Energia (MME), 2014

Segundo o MME (2014) no Brasil como no resto do mundo o mercado de sucata de aço é bastante sólido porque a indústria siderúrgica precisa de sucata para fazer um novo aço. Podemos dizer que cada indústria siderúrgica é uma fábrica de reciclagem. No Brasil em 2007 foram produzidos 30,9 milhões de toneladas de aço. Cerca de 8,7 milhões de toneladas de sucatas foram utilizadas para a produção de aço, valor correspondente a 28,2% do novo aço produzido.

O principal mercado associado à reciclagem de aço é formado pelas aciarias, que derretem a sucata, transformando-a em produtos ou novas chapas de aço. O incremento da coleta seletiva desse material estimula o aumento da demanda de empregos e equipamentos de separação,

como eletroímãs. Cada tonelada de aço reciclado representa uma economia de 1.140 quilos de minério de ferro, 154 quilos de carvão e 18 quilos de cal. (MME,2014)

Ainda segundo o MME (2014) o Brasil é o segundo maior produtor de minério de ferro do mundo (atrás apenas da China), respondendo por 18% da população total do planeta para esse minério. O ferro também é um dos minerais de maior importância econômica, pois representa 30% da receita das exportações do setor.

Na figura 7 está demonstrado o atual local de armazenamento dos resíduos na empresa pesquisada. Nota-se que o local é inadequado e sujeito às ações do tempo uma vez que não há nenhum tipo de proteção a este lugar. Esses resíduos ficando expostos podem gerar uma possível contaminação do solo ou da água se não forem adequadamente armazenadas até a coleta pela empresa responsável.

Figura 7 - Local de armazenagem dos resíduos



Fonte: fornecida pela empresa, 2014.

Como sugestões, desse trabalho, à empresa pesquisada, atendendo a um dos objetivos específicos, temos:

- coletar mais adequadamente os resíduos depois do processo de corte, pois há muita perda nesta coleta;
- organizar carrinhos de coleta juntos às máquinas geradoras do resíduo, uma vez que o material é pesado;
- fazer o fechamento da cobertura onde são armazenados os resíduos de ferro, uma vez

que estes ficam em parte aberta sofrendo o impacto da chuva e sol, evitando assim que após a chuva a água contaminada escorra para locais inadequados.

- negociar junto à empresa coletora um cronograma de recolhimento para evitar acúmulos desnecessários na empresa.

5. Considerações finais

Conforme a pesquisa realizada, que é focada na logística reversa, reutilização e reciclagem de resíduos de ferros, identificou-se grande importância do tema uma vez que o setor é um importante propulsor de desenvolvimento do país. A reutilização dos resíduos de ferros ou sucata desempenha papel relevante não só por diminuir a extração de matérias primas, mas também para proteção ao meio ambiente e ao ser humano, evitando diversas doenças e contaminações com os devidos cuidados a serem tomados.

A cada ano que passa o número de pessoas e empresas preocupadas com a diminuição de emissão de poluentes, resíduos, e que realizam a logística reversa vêm crescendo gradativamente. É de fundamental importância que mais empresas se engajem nesse processo de logística reversa dando a devida atenção ao meio ambiente.

Existem atualmente várias empresas que são especializadas em realizar a coleta seletiva de inúmeros tipos de resíduos, como é o exemplo da empresa Sucata Floresta da nossa região. Esta empresa é uma das principais responsáveis pela coleta seletiva dos resíduos de ferros entre outros, pois sem a prestação de serviço da mesma, muitas empresas teriam que contratar terceiros de outras cidades para coletar estes resíduos, o que pode acabar ocasionando um custo maior.

Conseguiu-se identificar pontos falhos na armazenagem dos resíduos e com isso sugestões foram feitas para a adequação dos espaços e da forma de armazenamento. Como vimos que a empresa gera até 12 toneladas mês de resíduos nos meses de maior demanda, fica evidenciada a importância do adequado destino a estes resíduos. Desta forma algumas práticas foram sugeridas à empresa, no intuito de que a logística reversa desta sucata possa ser aplicada.

É importante ressaltar que este estudo embora trazendo contribuições, também teve suas limitações em função da empresa não ter ainda o processo de logística reversa bem claro e definido. Outra limitação foi imposta pela empresa que não disponibilizou os valores monetários arrecadados com a venda dos resíduos à empresa coletora. Sugerimos, desta

forma, novas incursões de pesquisas uma vez que o tema é atual e relevante. Outras empresas do setor podem contribuir com novos trabalhos de pesquisa.

Para finalizar, é importante alinhar o objetivo geral do trabalho que era “realizar uma análise sobre a logística reversa de ferro e como realizar corretamente o seu descarte sem prejudicar o meio ambiente”, com as evidências coletadas durante a pesquisa. Ficou evidenciado que o descarte adequado, no caso em questão do ferro, só traz benefícios tanto para o meio ambiente quanto para o homem. Desta forma consideramos atingido o objetivo principal do trabalho

REFERÊNCIAS

BALLOU, Ronald H. Logística empresarial: transporte, administração de materiais e distribuição física. Tradução de Hugo T. Y. Yoshizaki. São Paulo: Atlas, 2011.

BIAZZI, L. F. Logística Reversa: o que é realmente e como é gerenciada. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2002.

BRASIL, MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. Estudo da Reciclagem de Metais no país; relatório técnico 83. Disponível em:http://www.mme.gov.br/sgm/galerias/arquivos/plano_duo_decenal/estudos_consolidados/P57_RT83_Reciclagem_de_Metais_no_Paxs.pdf. Acesso em 18.05.2014.

DIAS, Reinaldo. Gestão Ambiental. Responsabilidade Social e Sustentabilidade. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2011.

LEITE, Paulo Roberto. Logística Reversa: meio ambiente e competitividade. 2. ed. São Paulo, Pearson Prentice Hall, 2009.

MARTINS, Eliseu. Avaliação de empresas: da mensuração contábil à econômica. São Paulo: Atlas, 2001.

NOVAES, Antônio Galvão. Logística e Gerenciamento da Cadeia de Distribuição: Estratégia, Operação e Avaliação. 2.ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2001.

RAZZOLINI FILHO, Edelvino; BERTÉ, Rodrigo. O reverso da logística e as questões ambientais no Brasil. Curitiba: Ibplex, 2009.

RAZZOLII FILHO, Edelvino; ZARPELON, Márcio Ivanor. Dicionário de Administração de A a Z. São Paulo, Juruá, 2005.

YIN, Roberto K. Estudo de Caso: planejamento e métodos. 4.ed. Porto Alegre, Bookman, 2010.

Capítulo 19

O PLANEJAMENTO DE MATERIAIS COM DEMANDA INCERTA COMO CALCULAR O ESTOQUE DE SEGURANÇA DE MATERIAIS INDIRETOS DE PRODUÇÃO, USO E CONSUMO, E MRO: ESTUDO DE CASO DE UMA INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA

Pedro José Papandréa
Dagoberto Alves De Almeida

**O PLANEJAMENTO DE MATERIAIS COM DEMANDA INCERTA
COMO CALCULAR O ESTOQUE DE SEGURANÇA DE MATERIAIS
INDIRETOS DE PRODUÇÃO, USO E CONSUMO, E MRO:
ESTUDO DE CASO DE UMA INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA**

Pedro José Papandréa
Dagoberto Alves De Almeida

Resumo

O desafio do gestor de estoques é saber quando e quanto ressuprir de cada material e quanto se deverá manter em estoque de segurança. Santos e Rodrigues (2006).

O modo convencional de se planejar materiais de uso e consumo e MRO calcula matematicamente: Pontos de Ressuprimento, Estoques de Segurança, Estoques Máximos e Lead Times, utilizando previsões baseadas no histórico de consumo.

A necessidade de diversificação de compras aliada a dificuldade de se ter contratos para compra desse tipo de material acarreta perdas às indústrias. Perdas por excesso de estoques ou por falta de materiais importantes para a manutenção da produção da fábrica.

Este estudo identificou estas perdas e criou um método baseado na soma do conhecimento do negócio e da matemática para minimizar as perdas com excessos e faltas de materiais com a visão dos estoques de segurança.

Palavras-chave: planejamento, programação, materiais, indiretos, demanda, não linear, MRO, MRP, estoque de segurança.

1. Introdução

O controle dos estoques e inventários na cadeia de suprimentos é crucial para que as empresas garantam a satisfação dos clientes e tenham suas demandas atendidas com controle eficiente dos custos Dolgui e Prodhon (2007).

Os estoques representam uma fatia muito representativa dos custos industriais.

Materiais de MRO são os mais difíceis de se programar e de se manter, ao mesmo tempo,

níveis baixos de estoque com nível de atendimento elevado. Além dos custos de estoques altos que são um dos métodos de garantia de atendimento, há problemas de área para armazenamento, problemas com o FIFO, problemas com baixas e inventário.

Nível de atendimento pode ser entendido pelo percentual de atendimento ao total de solicitações de materiais ao estoque.

Segundo Lenard e Roy (1995) apud Santos e Rodrigues (2005), o controle de estoque é estudado desde 1913 com Harris ao introduzir a fórmula do lote econômico de compra. A otimização do fluxo de materiais é de vital importância para uma organização, pois os estoques representam grande parte dos seus custos logísticos. Além disso, a produção tem um ritmo que não deve ser interrompido e o custo de manutenção dos estoques representa capital parado que poderia estar sendo utilizado para outros fins.

O mercado atual exige das empresas o uso racional de todos os seus recursos, estoques custam caro, mas são fundamentais para manter o nível de produção e manutenção dos equipamentos. O que se pretende é desenvolver uma fórmula que junte uma tabela que fará os cálculos convencionais dos parâmetros de MRP e aliada a isto algumas perguntas para que o gestor da área usuária responda.

As respostas farão com que partes das fórmulas sejam alteradas, aumentando ou diminuindo parâmetros do ES. Sendo assim, haverá análise qualitativa e quantitativa simultaneamente. É basicamente a inclusão de mais uma constante nas fórmulas:

Fórmula 1 - Cálculo do ES

$$ES = \left\{ \sqrt{(\delta d)^2 LT} + (\delta LT)^2 d^2 \right\} * Z$$

Na qual Z é a constante que determinará o nível de atendimento desejado:

Tabela 1 - Especificação do nível de atendimento

Nível de atendimento:	Z
50%	0,000
60%	0,253
70%	0,524
80%	0,842

90%	1,282
95%	1,645

Propostas de formulações serão apresentadas.

A falta de matéria prima ou de insumos altera todo o planejamento da produção, gerando mais *setups* e descontrole na coordenação da capacidade produtiva, além do fato de levar os produtos acabados à ruptura. Santos e Rodrigues (2005).

O aumento do número de empresas envolvidas na cadeia de suprimentos causada pela verticalização das estruturas materiais, na qual as empresas se concentram nas suas competências essenciais (*core competences*), e transferência a terceiros das demais atividades que eram executadas internamente (GASPARETTO, 2003) torna o mercado de compras mais abrangente juntamente com a quantidade de fornecedores. Para um ganho nos custos dos materiais, é comum compras de fornecedores diferentes e geralmente com *lead times*, lotes mínimos, condições de entregas e horizonte de planejamentos variantes.

Além dos problemas descritos acima, é evidente o problema gerado por falta de espaço no armazém. O armazenamento não representa apenas união ou seleção de cargas, onde uma sistematização insuficiente dos locais de armazenagem constitui uma das causas básica do aparecimento e do agravamento de uma ampla série de inconvenientes, como: o congestionamento do tráfego, dificuldade na rotatividade de materiais, excesso de movimentos e deslocamentos, má utilização dos meios e do pessoal, etc. Golvinhar et al. (2005).

2. Revisão da literatura

As estratégias de compras e suprimentos de uma organização constituem fator estratégico do negócio. O planejamento de materiais é responsável pela gestão dos materiais se formando como um aporte a gestão de estoques. Estes fazem as programações com as quantidades de materiais a serem compradas e as datas necessárias para a entrega de cada um deles.

Os estoques de segurança são usados então para prover um *buffer* e garantir o suprimento mesmo na incerteza das demandas. Manutenção de estoques de segurança não são os objetivos do planejamento Tang e Grubbström (2000).

MRP (planejamento de necessidades de materiais) é um sistema de informação

computadorizado para o gerenciamento dependente dos inventários, programação dos estoques e ordens de ressuprimento. O objetivo principal do MRP é receber as peças certas nas quantidades certas e nos prazos certos Ho, Solis e Chang (2005).

O meio ambiente do usuário que relaciona o conhecimento do MRP, utilização e parametrização do ERP (o ERP pode ser entendido como o sistema de informação usado pela organização para informatizar e automatizar seus processos) possibilita que várias soluções em métodos de planejamento sejam usados Jonsson (2007). Esses vários ambientes serão tratados com a integração de usuários chaves para a definição dos melhores parâmetros do MRP. Usuários chaves são aqueles reconhecidos pela estrutura de suprimentos como sendo detentores de conhecimento suficiente sobre os materiais que utilizam a ponto de poderem preencher os dados requeridos com nível de confiabilidade maior do que 80%.

Meio ambiente do usuário é o ambiente operacional que circunda o planejador de materiais e que interfere nos seus processos diários de planejamento Jonsson (2007).

O MRP funciona muito bem em ambientes determinísticos. Para adaptação do método em ambientes incertos, alguns parâmetros devem ser ajustados. São:

Estoque de segurança;

Lote;

Horizonte de planejamento;

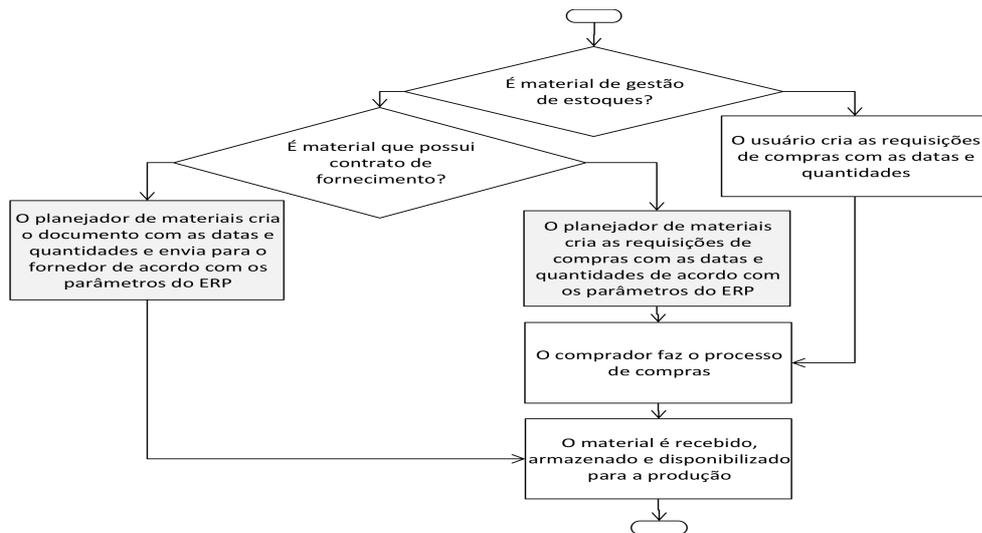
Ponto de ressuprimento;

Lead time planejado e lead time de segurança Dolgui e Prodhon (2007).

3. Estudo de caso

A empresa em estudo possui o seguinte fluxo macro para compra de materiais:

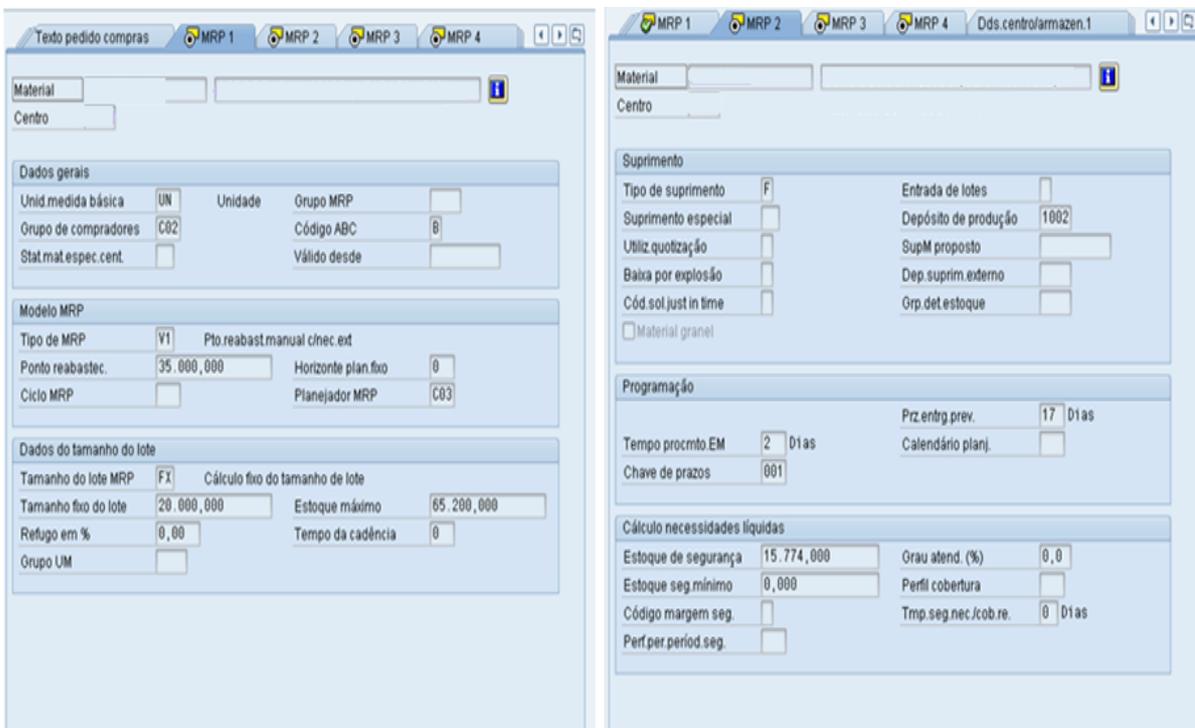
Figura 1 - Fluxo do processo de planejamento



Fonte: elaborado pelo autor

Os processos destacados são os mais impactados pelos parâmetros de MRP cadastrados no ERP. Estes parâmetros são:

Figura 2 - Telas de MRP



fonte: SAP R/3

Estes são os alvos do estudo.

Metodologia de pesquisa: Quantitativa.

Em uma empresa do Sul de Minas há problemas graves de estoques de produtos de consumo e MRO (manutenção reparo e operação). Não se conseguindo equalizar as compras em função de falta de consumos que se encaixam nas fórmulas convencionais de MRP.

Abaixo temos os dados dos consumos de materiais de MRO no ano de 2009. Vê-se que o desvio padrão e a variância são altos. O custo para se manter o abastecimento em um estoque assim é muito elevado. Hora o estoque de segurança seria rompido e hora o estoque ficaria acima do máximo.

Figura 3 - Dados sumários dos materiais analisados Minitab

Anderson-Darling Normality Test	
A-Squared	0,35
P-Value	0,402
Mean	210565
StDev	23294
Variance	542614997
Skewness	0,08705
Kurtosis	-1,49368
N	12
Minimum	176731
1st Quartile	190128
Median	205527
3rd Quartile	233436
Maximum	244834
95% Confidence Interval for Mean	
195765	225366
95% Confidence Interval for Median	
190226	233422
95% Confidence Interval for StDev	
16501	39551

Fonte: elaborado pelo autor

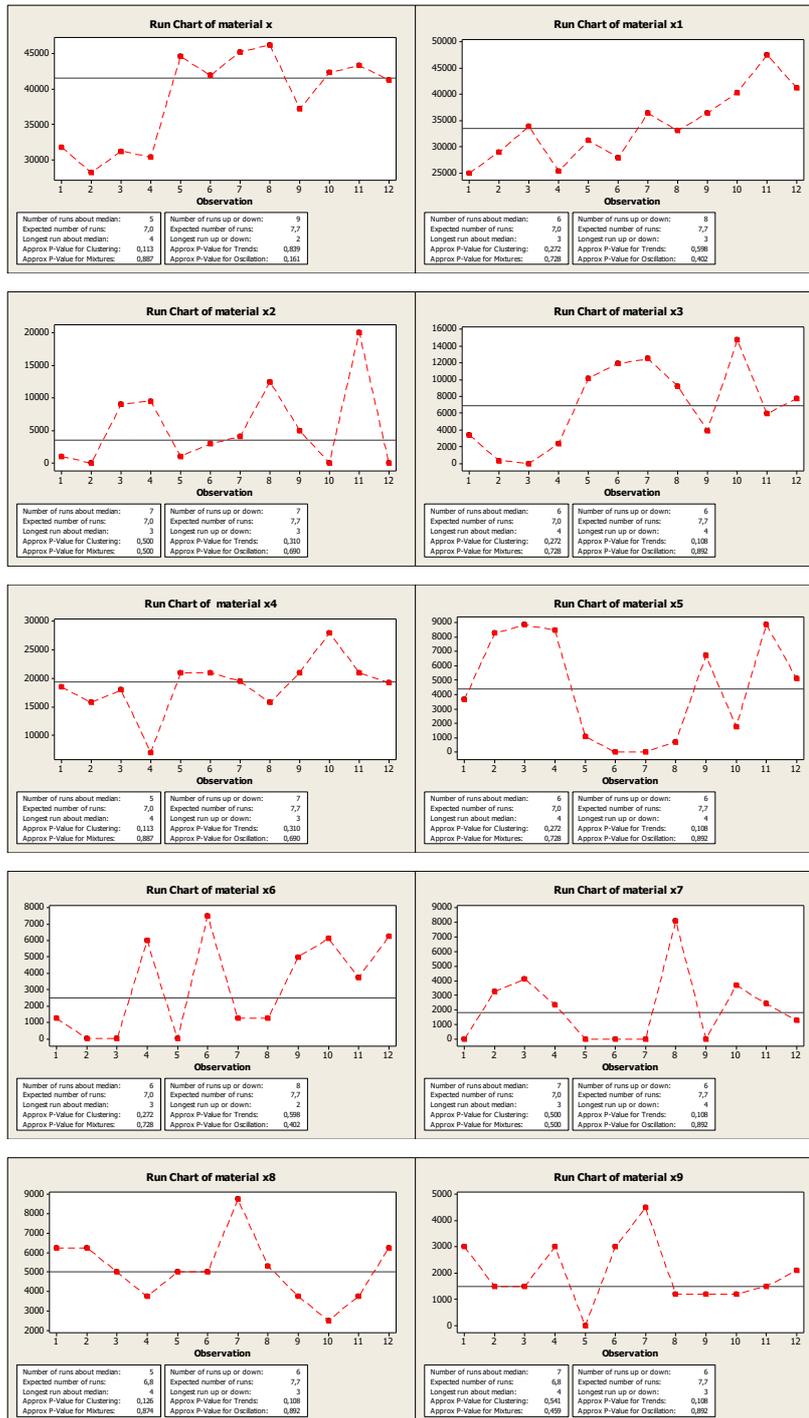
No total são 1174 materiais.

Há desvios padrão de consumo mensal variando de 6800 a 0 em 12 meses.

Há materiais que se consumiu 1 peça em todo o ano.

Abaixo estão os 10 materiais com maior desvio padrão para análise gráfica dos consumos em 12 meses:

Figuras 4 a 14 - Run chart dos materiais escolhidos aleatoriamente para os gráficos Minitab



Fonte: elaborado pelo autor

Resultado da programação apenas matemática dos materiais:

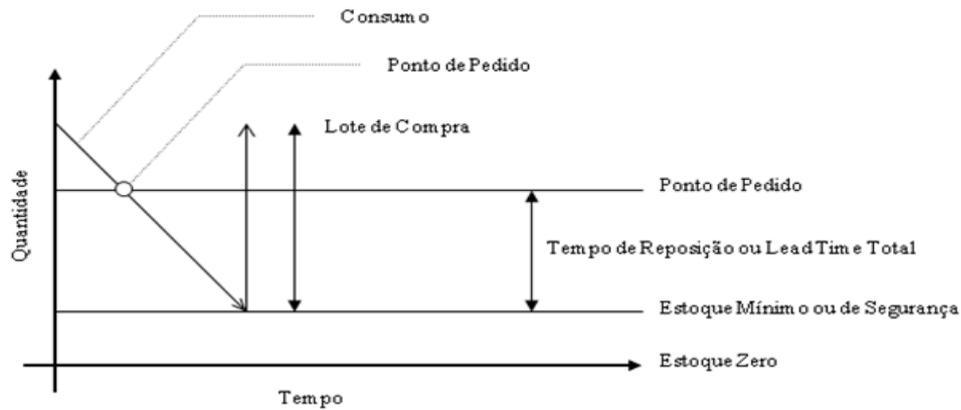
153 materiais com estoque zero;

886 materiais acima do estoque máximo (1,5x a média de consumo mensal, ou seja, 1,5 meses de consumo, desconsiderando curva ABC);

134 materiais com estoque abaixo do estoque de segurança e maior do que zero.

Gráfico do comportamento normal de consumo e ressuprimento de um material:

Figura 15 - Gráfico de Serra



Fonte: Tadeu (2008) adaptado pelo autor

O histórico de consumo mostra que é inviável utilizar a fórmula:

Fórmula 1 - Cálculo do ES

$$ES = \left\{ \sqrt{(\delta d)^2 LT} + (\delta LT)^2 d^2 \right\} * Z$$

Utilizarei a formulação acima, mas modificada:

Fórmula 2 - Fórmula de ES, elaborado pelo autor

$$ES = \left\{ \sqrt{(\delta d/\text{ano})^2 LT} + \mu d \text{ano}^2 \right\} * Z + Z_{\text{qualitativo}}$$

Sendo que Z é escolhido: Materiais A: Z=60%; B=70% e C=90% de nível de atendimento.

Se os materiais são de manutenção programada o estoque de segurança = zero;

Se os materiais são de baixa criticidade, ou seja, possuem substitutos, o fator de risco é zero e

o ES é calculado:

Fórmula 3 - Fórmula de ES, elaborado pelo autor

$$ES = \frac{\left\{ \sqrt{(\delta d)^2 LT} + (\delta LT)^2 d^2 \right\} * Z}{2}$$

Se os materiais são de criticidade média: o estoque de segurança será:

Fórmula 4 - Fórmula de ES, elaborado pelo autor

$$ES = \left\{ \sqrt{(\delta d / \text{ano})^2 LT} + \mu d \text{ano}^2 \right\} * Z + Z_{\text{qualitativo}}$$

Onde $Z_{\text{qualitativo}} = \delta d$ e é aplicado segundo as regras definidas na planilha de cálculo

Se os materiais são de criticidade alta: o $Z_{\text{qualitativo}}$ será $2 * \delta d$.

Figura 16 - Amostra da tabela após a utilização das fórmulas propostas

Material	TxtBreveMaterial	R\$	ES= $(\sqrt{\delta^2 \cdot L + \mu^2}) \cdot Z$	Valores	Fator de risco anterior	ES= $(\sqrt{\delta^2 d / \text{ano} \cdot L + \mu^2 d / \text{ano}}) \cdot Z_{\text{Qualitativo}}$	Valores recalculados	Fator de risco nova fórmula
xxxx982	Material 982	9,33	38	R\$ 354,07	81%	128	R\$ 1.198,00	36%
xxxx983	Material 983	105,01	2	R\$ 236,88	81%	1	R\$ 118,44	0%
xxxx984	Material 984	4,56	4	R\$ 17,05	81%	10	R\$ 45,53	50%
xxxx985	Material 985	2,14	75	R\$ 160,04	81%	37	R\$ 80,02	0%
xxxx986	Material 986	33,01	7	R\$ 246,85	81%	4	R\$ 123,42	0%
xxxx987	Material 987	242,72	2	R\$ 498,37	81%	6	R\$ 1.398,40	48%
xxxx988	Material 988	0,68	1361	R\$ 925,58	81%	681	R\$ 462,79	0%
xxxx989	Material 989	2,67	19	R\$ 49,44	81%	9	R\$ 24,72	0%
xxxx99	Material 99	0,96	298	R\$ 286,34	27%	149	R\$ 143,17	0%
xxxx990	Material 990	2,55	4618	R\$ 11.775,82	82%	10696	R\$ 27.273,71	57%
xxxx991	Material 991	23,78	2	R\$ 48,26	82%	5	R\$ 121,70	53%
xxxx992	Material 992	6,13	160	R\$ 979,13	82%	394	R\$ 2.415,85	55%
xxxx993	Material 993	4,25	130	R\$ 552,05	82%	291	R\$ 1.234,93	59%
xxxx994	Material 994	2,17	1518	R\$ 3.294,72	82%	759	R\$ 1.647,36	0%
xxxx995	Material 995	3,48	376	R\$ 1.308,85	82%	720	R\$ 2.506,02	66%
xxxx996	Material 996	0,41	37	R\$ 15,29	82%	19	R\$ 7,64	0%
xxxx997	Material 997	0,25	6831	R\$ 1.707,67	82%	3415	R\$ 853,84	0%
xxxx998	Material 998	611,97	1	R\$ 429,29	82%	0	R\$ 214,65	0%
xxxx999	Material 999	78,4	29	R\$ 2.305,68	82%	15	R\$ 1.152,84	0%
xxxx999	Material 999	78,4	29	R\$ 2.305,68	82%	15	R\$ 1.152,84	0%
				R\$ 320.606,68	61118%		R\$ 339.276	8079%
			Aumento no ES	6%				
			Redução no risco	87%				

Fonte: elaborado pelo autor.

3.1. Explicação da tabela

Figura 17 - Planilha para preenchimento pelos usuários de cada área

1	TextBreveMaterial	Grupo	Material de manutenção de parada programada	Material tem substituto (outra marca)	Na falta causa parada da linha de produção	Material importa	Material de segurança	Material custa mais de \$1.000,00	Concatenado	Criticidade	Z
2	Material 1	Grupo 10	Não	Sim	Não	Não	Não	Não	NãoSimNão	Não	1
3	Material 2	Grupo 10	Não	Sim	Não	Não	Não	Não	NãoSimNão	Não	1
4	Material 3	Grupo 4	Não	Sim	Sim	Não	Não	Não	NãoSimSim	Não	2
5	Material 4	Grupo 2	Não	Não	Sim	Não	Não	Não	NãoSim	Não	2
6	Material 5	Grupo 11	Não	Sim	Sim	Não	Não	Não	NãoSim	Não	2
7	Material 6	Grupo 4	Não	Sim	Sim	Não	Não	Não	NãoSim	Não	2
8	Material 7	Grupo 2	Não	Não	Sim	Não	Não	Não	NãoSim	Não	2
9	Material 8	Grupo 2	Não	Não	Sim	Não	Não	Não	NãoSim	Não	2
10	Material 9	Grupo 5	Não	Sim	Não	Não	Não	Não	NãoSim	Não	1
11	Material 10	Grupo 5	Não	Sim	Não	Não	Não	Não	NãoSim	Não	1
12	Material 11	Grupo 10	Não	Sim	Não	Não	Não	Não	NãoSim	Não	1
13	Material 12	Grupo 2	Não	Não	Sim	Não	Não	Não	NãoSim	Não	2
14	Material 13	Grupo 5	Não	Sim	Não	Não	Não	Não	NãoSim	Não	1
15	Material 14	Grupo 10	Não	Sim	Não	Não	Não	Não	NãoSim	Não	1
16	Material 15	Grupo 1	Não	Sim	Sim	Não	Não	Não	NãoSim	Não	2
17	Material 16	Grupo 10	Não	Sim	Não	Não	Não	Não	NãoSim	Não	1
18	Material 17	Grupo 11	Não	Sim	Não	Não	Não	Não	NãoSim	Não	1
19	Material 18	Grupo 8	Não	Sim	Não	Não	Não	Não	NãoSim	Não	1
20	Material 19	Grupo 10	Não	Sim	Não	Não	Não	Não	NãoSim	Não	1
21	Material 20	Grupo 14	Não	Sim	Sim	Não	Não	Não	NãoSim	Não	2

Fonte: elaborado pelo autor

A figura 17 mostra parte da tabela a ser preenchida por usuários de áreas chaves da empresa. Para esta escolha deve ser utilizado o critério de consumo por área dos materiais x preço dos materiais. Após a escolha feita, cada usuário fará o preenchimento com respostas pré-definidas (Sim ou Não). Utilizando a ferramenta DOE foi possível identificar todas as interações de respostas possíveis.

Figura 18 - Amostra das interações das respostas possíveis

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	Material de manutenção de parada programada	Material tem substituto (outra marca)	Na falta causa parada da linha de	Material importado	Material de segurança	Material custa mais de \$1.000,00	Concatenado	Z	Nível de criticidade				
2	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	1	Baixo			
3	Sim	Não	Não	Não	Não	Não	Sim	Não	3	Alto			
4	Não	Sim	Não	Não	Não	Não	Não	Sim	1	Baixo			
5	Sim	Sim	Não	Não	Não	Não	Sim	Sim	1	Baixo			
6	Não	Não	Sim	Não	Não	Não	Não	Não	2	Médio			
7	Sim	Não	Sim	Não	Não	Não	Sim	Não	1	Baixo			
8	Não	Sim	Sim	Não	Não	Não	Não	Sim	2	Médio			
9	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Não	Sim	Sim	1	Baixo			
10	Não	Não	Não	Sim	Não	Não	Não	Não	2	Médio			

Fonte: elaborado pelo autor

Com a planilha preenchida é possível então aplicar as fórmulas propostas e termos o nível Zqualitativo.

4. Conclusão

Com a aplicação da análise qualitativa combinada ao estudo do histórico de consumos de materiais de demanda incerta é possível a otimização dos recursos financeiros utilizados nos estoques sem haver uma perda no nível de atendimento destes estoques aos clientes internos. Além disso, o envolvimento da área usuária nas definições dos materiais é de fundamental importância para o correto dimensionamento dos ES. As áreas são chaves no processo de cálculo e também nas necessidades de se manter certo produto armazenado. Por exemplo, materiais de manutenção programada podem ser retirados dos estoques se o Zqualitativo o classificá-lo como de criticidade baixa. Neste caso ele será solicitado pela Manutenção antecipadamente e respeitando os *lead times* cadastrados no ERP.

Os esforços para o melhor dimensionamento dos estoques fazem parte de uma mudança cultural na organização, o planejamento antecipado é o principal fator destas mudanças, o usuário é corresponsável pelo seu próprio índice de atendimento.

O comprometimento de todos possibilita a otimização e faz deste trabalho uma grande possibilidade de ganhos para a organização estudada.

Também pode ser aplicada a qualquer organização que siga os critérios preestabelecidos, sendo que a quantidade de perguntas não é limitada.

REFERÊNCIAS

ANSHUMAN GUPTA, COSTAS D. MARANAS. *Managing demand uncertainty in supply chain planning*. Department of Chemical Engineering, The Pennsylvania State University, University Park, PA 16802, USA. *Computers and Chemical Engineering* 27 (2003) 1219_1227.

LUCIANO (E. M.), TESTA (M. G.) E FREITAS (H.). *As tendências em comércio eletrônico com base em recentes congressos*. XXXVIII CLADEA, Lima/Peru, 2003.

DAVID PEIDRO A,* , JOSEFA MULA A, MARIANO JIMENEZ B, MA DEL MAR BOTELLA C. *A fuzzy linear programming based approach for tactical supply chain planning in an uncertainty environment*. European Journal of Operational Research 205 (2010) 65–80.

a - Research Centre on Production Management and Engineering (CIGIP), Universidad Politecnica de Valencia, Spain

b - Department of Applied Economy, Universidad del País Vasco, Spain

c - Department of Business Administration, Universidad Politecnica de Valencia, Spain.

FENG PAN, RAKESH NAGI. *Robust supply chain design under uncertain demand in agile manufacturing*. Department of Industrial and Systems Engineering, University at Buffalo (SUNY), Buffalo, NY 14260, USA. Computers & Operations Research 37 (2010) 668 – 683.

FENGQI YOU, IGNACIO E. GROSSMANN. *Design of responsive supply chains under demand uncertainty*. Center for Advanced Process Decision-making, Department of Chemical Engineering, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, PA 15213, United States. Computers and Chemical Engineering 32 (2008) 3090–3111.

JAMES T.LIN, TZU-LICHEN, YEN-TINGLIN. *Critical material planning for TFT-LCD production industry*. Department of Industrial Engineering and Engineering Management, National Tsing Hua University, 101, Section 2 Kuang Fu Road, Hsinchu 300, Taiwan, ROC

LI CHUFU 1, HE XIAORONG 1, CHEN BINGZHEN 2, XU QIANG AND LIU CHAOWEI 2. *A Hybrid Programming Model for Optimal Production Planning under Demand Uncertainty in Refinery*. Chinese Journal of Chemical Engineering, 16(2) 241–246 (2008).

1- Department of Chemical Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084, China,

2- Department of Chemical Engineering, Lamar University, Beaumont 77710, USA.

MANMOHAN S.SODHI A, CHRISTOPHER S.TANG B. *Modeling supply-chain planning under demand uncertainty using stochastic programming: A survey motivated by asset-liability management*. Int. J. Production Economics 121 (2009) 728–738.

a - Cass Business School, City University London, London, UK

b - UCLA Anderson School, University of California Los Angeles, USA

PERDIGÃO, Fabiano Marques. *Proposta de Metodologia para Análise da Gestão de Manutenção*. Universidade Estadual de Campinas 2009.

ROBLES, LÉO TADEU 1. ROBLES, HENRIQUE MOURA 2. A Gestão de Suprimentos Pela Implantação de Lojas In-House – Parceria Com Fornecedores de Materiais Indiretos de Produção: O Caso da Braskem. SIMPOI 2009.

1 – Universidade Católica de Santos.

2 – Braskem S/A.

SILVA, FLÁVIO ISIDORO DA. *O Planejamento e Controle de Produção para uma Fábrica de Vacinas*. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro 2005.

SANTOS, ANTÔNIO MARCOS DOS. RODRIGUES, IANA ARAÚJO. *Controle de Estoque de Materiais com Diferentes Padrões de Demanda: Estudo de Caso em uma Indústria Química*. *Gestão e Produção* v.13, n.2, p.223-231, mai.-ago. 2006.

XIANDE ZHAO*, KOKIN LAM. *Lot-sizing rules and freezing the master production schedule in material requirements planning systems*. *Int. J. Production Economics* 53 (1997) 281-305.

*Department of Management Sciences, City University of Hong Kong, Tat Chee Avenue, Kowloon, Hong Kong.

Capítulo 20

O USO DO *MANUFACTURING EXECUTION SYSTEM* NO APOIO ÀS ESTRATÉGIAS DE MANUFATURA

Elisandro João de Vargas
Jocimara de Lima Mauer
Marcelo de Alves de Souza

O USO DO *MANUFACTURING EXECUTION SYSTEM* NO APOIO ÀS ESTRATÉGIAS DE MANUFATURA

Elisandro João de Vargas
Jocimara de Lima Mauer
Marcelo de Alves de Souza

Resumo

A tecnologia pode ser importante aliada para atingir as estratégias de manufatura, a exemplo do uso do *Manufacturing Execution System* - MES. O MES permite ser integrado aos demais sistemas da empresa, possibilitando a coleta, medição, registro e orientação aos gestores de maneira rápida e confiável; auxiliando na obtenção de resultados que podem reforçar as prioridades de competência da manufatura. Sob esta visão, o objetivo deste artigo é identificar as formas utilizadas do MES que conduzem ao suporte às estratégias produtivas. Para isso, foi conduzido um estudo de caso em duas empresas de médio porte de características distintas em produto e processo. Ainda, foram observados os objetivos estratégicos, as características e funcionalidades MES e os indicadores num período de cinco anos. Os resultados demonstram que as funcionalidades MES auxiliaram na condução de melhorias nos indicadores definidos como importantes na composição da estratégia de manufatura nas empresas.

Palavras-chave: gestão da informação, *Manufacturing Execution System*, estratégia de manufatura, prioridades de competência da manufatura

1. Introdução

Os sistemas de informação tornam-se importantes aliados na identificação de melhorias que podem conduzir na direção à satisfação das estratégias empresariais (BERCHET; HABCHI, 2005). O avanço desses sistemas são impulsionados pelo aumento da concorrência e das crescentes expectativas de clientes e funcionários (UÇAKTÜRK; VILLARD, 2013), principalmente em ambientes de grande complexidade de atividades e de diferentes necessidades a serem atendidas (ZHANG; GREGORY, 2011). São exemplos os ambientes de

algumas manufaturas que respondem por considerável participação de força e trabalho na composição dos resultados organizacionais (WHEELWRIGHT; HAYES, 1985).

Para auxiliar na satisfação das diferentes necessidades, o *Manufacturing Execution System* – MES, comumente denominado de Sistema de Controle da Manufatura, procura auxiliar alguns tipos de manufatura na obtenção de resultados do qual pode ser considerado um elemento estratégico (COTTYN et al., 2011; DE OLIVEIRA; HELLENO, 2012; HELO et al., 2014; MCCLELLAN, 2001; MESA, 2017; NAEDELE et al., 2015; NEUHAUS; SILVA; PACHECO, 2014; SAENZ DE UGARTE; ARTIBA; PELLERIN, 2009). Esse sistema possibilita controlar o desempenho operacional da empresa (HELO et al., 2014; KLETTI, 2007; NEVES et al., 2015; NEWS, 2015; SAENZ DE UGARTE; ARTIBA; PELLERIN, 2009), e permite que as empresas conheçam com clareza seus produtos e processos, mantenham o monitoramento e supervisionamento da produção e ofereça subsídios para a tomada de decisão (SEDANO et al., 2011).

Esta pesquisa é embasada em Neves et al. (2015) e De Vargas e Sellitto (2016) em que afirmam existirem lacunas e carências de estudos voltadas ao entendimento do MES na geração de resultados para as empresas. Além disso, apesar da considerável queda da participação da indústria de transformação brasileira na composição do Produto Interno Bruto – PIB, correspondendo a 11,7% no ano de 2016 – considerado o mais baixo desde 1952 – ainda possui considerável importância na economia (DEPECON, 2017). Por outro lado, a área de Tecnologia de Informação – TI, demonstrou crescimento ao longo dos anos chegando a acumular 260% entre 2005 a 2014. Somente a indústria corresponde ao *Market Share* de 22,5% da TI (ABES, 2015). Ademais, especialistas projetam um faturamento de mais de 12 bilhões de dólares em sistemas MES entre 2015 a 2020, representando crescimento médio anual de 10,8% mundialmente (RESEARCHANDMARKETS, 2015).

Neste propósito, identificar as maneiras de que o MES é organizado nas empresas de manufatura pode ser importante meio para o reforço da estratégia produtiva determinada pelas empresas. Ademais, é importante responder a questão de como o MES pode auxiliar no suporte às estratégias produtivas em empresas de manufatura. O presente artigo utiliza o método de pesquisa estudo de caso realizado em duas empresas usuárias do MES de dez e treze anos. O objetivo geral visa identificar as formas utilizadas do MES que conduzem ao suporte às estratégias produtivas. Os objetivos específicos são: (i) identificar os objetivos produtivos definidos pelas empresas sob o olhar das prioridades de competência da manufatura; (ii) identificar os principais recursos utilizadas do MES pelas empresas; (iii)

analisar a evolução de alguns indicadores utilizados pelas empresas.

2. Referencial teórico

2.1. *Manufacturing Execution System*

Algumas indústrias encontram na TI as formas necessárias para proporcionar maior agilidade e fluidez em suas estratégias de produção (ZAYATI et al., 2012), decorrente de mecanismos de trocas de dados e informações mais rápidas. Foi a TI que proporcionou consideráveis avanços, dispondo de uma série de novas maneiras de analisar e interpretar informações, principalmente as provindas do ambiente produtivo ao exemplo do Sistema de Informação MES.

Conforme Liddell (2009), o MES pode ser considerado um sistema que reflete os objetivos estratégicos da empresa apresentando características flexíveis e únicas. Surgiu ao final dos anos 80 como proposta para o novo modelo do sistema *Computer Integrated Manufacturing* (WILLIAMS, 1989), assumindo a nomenclatura do termo MES no início dos anos 90 proposta pela *Advanced Manufacturing Research* (ZHANG et al., 2009). Posteriormente, em 1992 pode contar com o apoio da *Manufacturing Execution Systems Association*, passando ao nome de *Manufacturing Enterprise Solutions Association* – MESA. Essa associação possui objetivos voltados a divulgação e ampliação dos conceitos MES (MESA, 2017), além disso, o MES conta com a *International Society of Automation* na determinação de nomenclaturas, padrões, protocolos e terminologias necessárias para a troca de informações entre sistemas em normas específicas denominada *ISA-95 Standart*.

O sistema MES utiliza de sistemas computadorizados para o desempenho de diversas atividades e funções que gerenciam a manufatura (MELLO; BOTINHÃO, 2012). O sistema coleta e integra os dados gerados no chão de fábrica, dispondo de informações rápidas e precisas sobre os ativos, os processos, os produtos e os operadores (NAEDELE et al., 2015). Ademais, o MES é apresentado na literatura como um sistema formado por pilares que representam suas funcionalidades (KLETTI, 2007; MCCLELLAN, 2001; MESA, 2017), conforme resumo do Quadro 1.

Quadro 1 – Os pilares do MES e suas funcionalidades

Pilares	Funcionalidades
Gerenciamento dos recursos de produção	Prevê o histórico detalhado dos recursos de máquinas, materiais, documentos e habilidades de trabalho, em tempo real de suas atualizações. Monitora a reserva e liberação de máquinas, ferramentas, recursos ao processo e materiais para outras etapas e demais informações críticas de configuração e disponibilidade
Programação/ sequenciamento das operações	Contém o sequenciamento das operações em face aos atributos, propriedades, tempo, receitas e características em relação a específica unidade de produção em uma operação. Busca alternativas para garantir os níveis de serviço e otimização de entregas, menor <i>lead time</i> , estoques, maiores taxas de transferências, sincronismo e produtividade
Distribuição de unidades de produção	Controla os fluxos das unidades de produção em relação a tarefas, grupos, ordens de trabalho e lotes. Monitora e distribui as rotas e sequências para a execução dos trabalhos, das quantidades, da disponibilização de materiais e o momento de iniciar uma etapa
Controle de documentos	Está relacionada as unidades de produção, desenhos e instruções de trabalho, registros e receitas necessárias para a execução da operação e gestão do fluxo de informações. Podem ser relacionadas, por exemplo, a normas ISO, de segurança e saúde ou planos de ações. Tais informações podem ser acessadas no ambiente produtivo, resgatadas e arquivadas
Aquisição de dados	Está relacionado a todos os eventos dos processos, materiais, manuseios, operadores, qualidade, registros de ocorrências entre outros. São coletados com o auxílio de interfaces no chão de fábrica por meio de sensoriamento nos equipamentos ou de forma manual por coletores, IHM – Interface Homem Máquina ou micro terminais. Quanto mais refinada a coleta, mais confiáveis serão as informações, haja vista a importância deste pilar em alimentar os demais pilares
Gerenciamento da mão de obra	Monitora e acompanha a mão de obra durante as atividades, possibilitando rastrear detalhadamente os eventos. Permite interagir na alocação dos recursos em face as atribuições ideais conforme as habilidades de cada operador, particularidades dos equipamentos, ferramentas ou materiais. Possibilita efetuar a apropriação dos custos e efetuar comparativos entre operadores, turnos e máquinas em relação a produtividade e eficiência
Gerenciamento da qualidade	Possibilita o registro e monitoramento da qualidade por meio da inspeção e registro dos eventos na construção de históricos de anomalias. Inclui a gestão das operações de inspeção, por exemplo, o CEP – Controle estatístico de Processo, CQS – <i>Statistical Quality Control</i> e o LIMS – <i>Lab Information Management Systems</i> . É possível estar conectado a equipamentos e dispositivos, como paquímetros digitais, coletores de dados, balanças, entre outros
Gerenciamento do processo	É a atividade que monitora os movimentos dos produtos e trabalhos nas operações e entre as operações. Está relacionado ao controle do fluxo de produto e de trabalho, aos alarmes e aos tempos em relação ao previsto e realizado e as suas discrepâncias, servindo de alerta

	para a tomada de decisão
Gerenciamento da manutenção	Controla os históricos de eventos de quebras de equipamentos, os motivos, os diagnósticos e as soluções. Permite coordenar as atividades de manutenção de equipamentos e ferramentas e possibilita o tratamento de análises estatísticas, por exemplo, tempo médio entre falhas MTBF – <i>Mean Time Between failures</i> e o tempo médio de reparo MTTR – <i>Mean Time To Repair</i> , análise de riscos, análise de confiabilidade, vida útil dos recursos, controle dos materiais de manutenção e emissão de ordens de serviço
Rastreamento e genealogia do produto	Inclui a análise histórica ou <i>on-line</i> de parâmetros de processos, alarmes, tipos de materiais utilizados, componentes, fornecedores, lotes, números de série, tempos, equipamentos, processos, ferramentas ou operador, em relação a um produto, uma ordem ou um pedido
Análise do desempenho	Permite que sejam analisadas as informações atuais e passadas referentes a diversos indicadores voltados ao desempenho da planta, por exemplo: índices OEE – <i>Overall Equipment Effectiveness</i> , TEEP – <i>Total Effectiveness Equipment Performance</i> , utilização dos recursos, tempos de setup, aderência ao plano programado, ciclos de produção, tempos de paradas, perdas no processo e CEP. Tais informações podem ser analisadas de maneira independente ou agrupadas entre setores, máquinas ou pessoas e acessadas e replicadas a interfaces gráficas, quadros eletrônicos, IHM, ANDONS, entre outros

Fonte: Adaptado de Directa Automação (2017); Efact (2017); Kletti (2007); Mcclellan (2001); Mesa (2017); e Vargas (2016)

Por fim, os sistemas MES tem por objetivo aproximar a área de manufatura a outras áreas em face a captura de dados e disponibilização de maneira confiável, principalmente como elo de ligação entre o chão-de-fábrica e *Enterprise Resources Planning* (BANERJEE et al., 2013). Além disso, visa proporcionar maior flexibilidade, transparência e produtividade ao ambiente de manufatura, principalmente na conjectura à soluções voltadas a Manufatura 4.0, ligadas a descentralização, conexão e autonomia de decisões MES (ALMADA-LOBO, 2016), simulação MES (HÖPPE; SEEANNER; SPIECKERMANN, 2015), meta-modelagem em sistemas de fabricação (NEGAHBAN; SMITH, 2014).

2.1. Estratégia de produção

O termo estratégia pode ser entendido como uma escolha entre outras várias alternativas possíveis de serem seguidas (TEIXEIRA et al., 2014). Relacionada as decisões e ações que

regem uma organização rumo a satisfação dos objetivos e metas estabelecidas (HAYES et al., 2008). Ainda, é considerada uma expressão de grande uso na administração de empresas nos últimos tempos, motivada pelas constantes mudanças econômicas, políticas e sociais resultantes da globalização (QUINTELLA; DIAS, 1997), principalmente após o surgimento da TI e de sua capacidade de conectividade (HAYES et al., 2008).

A manufatura procura ser guiada por estratégias constituídas de metas, políticas e restrições que visam potencializar o gerenciamento da organização, do planejamento e da execução das atividades de produção (HAYES et al., 2008). Ademais, a gestão da manufatura necessita constante acompanhamento e uma representação adequada na medição e controle do desempenho de suas ações em relação aos resultados apresentados e aos objetivos propostos (SELLITTO; WALTER, 2005), além do entendimento do ambiente em que a empresa está posicionada e da combinação dos elementos capital, energia, trabalho, métodos e técnicas que compõem os sistemas produtivos (ANTUNES et al., 2008).

Neste sentido, a manufatura necessita dispor de mecanismos que suportem adequadamente as necessidades do mercado em face as ações dos concorrentes e ao posicionamento estratégico em que a empresa está inserida (SLACK; LEWIS, 2009); satisfazendo as prioridades competitivas de que o mercado mais valoriza, relacionadas a competitividade (CORBETT; VAN WASSENHOVE; DE CONSTANCE, 1993). Para o suporte a essas prioridades competitivas, as prioridades de competência da manufatura ligadas as condições internas da manufatura, voltadas a práticas, técnicas e ferramentas que auxiliam na intensificação da eficiência da manufatura (PANTALEÃO, 2012), denominadas de aspectos de competência, são essenciais para a sustentação da competitividade (CORBETT; VAN WASSENHOVE; DE CONSTANCE, 1993), a exemplo de custo, tempo, qualidade, atendimento, lead-time, flexibilidade, inovação, entre outras. Segundo Cleveland et al. (1989), podem ser consideradas como um atributo variável que podem ser mensuradas numericamente e continuamente. O Quadro 2 sintetiza estas informações.

Quadro 2 – Prioridades de competência da manufatura e seus significados

Prioridades	Significados
Custo	Relacionado a capacidade de desenvolver ações que reduzam os custos de produção ao longo do tempo
Qualidade	Capacidade de reduzir o volume de defeitos e rejeitos oriundos dos processos produtivos, com confiabilidade mantendo os padrões pré-determinados de

	conformidade
Flexibilidade	Capacidade de adaptar ao <i>mix</i> produtivo, operar em ambientes de flutuação de volumes de produção e de inserção de melhorias e de novos produtos rapidamente
Entrega	Capacidade de atender em um menor <i>lead time</i> em face a sequencias e necessidades de atendimento da programação
Inovação	Capacidade de inovar os processos, produtos e serviços ao longo do tempo

Fonte: Adaptado de Corbett, Van Wassenhove e De Constance (1993); Ferdws e De Mayer (1990); Miller e Roth (1994); Pantaleão (2012); e Vargas (2016)

Em suma, a obtenção do sucesso estratégico pode estar relacionada ao sucesso obtido na produção, ao passo que as prioridades de competência da manufatura são fortalecidas e se diferenciam em relação à concorrência (HAYES et al., 2008). Neste ambiente, a TI é elemento atuante no auxílio a geração de maiores aumentos de produtividade nas plantas industriais (ZAYATI et al., 2012) e as informações proporcionadas pelo MES podem favorecer o alinhamento entre os propósitos estratégicos e as decisões tomadas na manufatura; elemento de grande utilidade aos variados tipos de empresas e tamanhos (DAI et al., 2012). Afinal, a manufatura influencia na estratégia do negócio e a estratégia do negócio influencia na manufatura (SKINNER, 1969).

3. Metodologia

O método de pesquisa utilizado foi o estudo de dois casos; do qual permite maior generalização dos achados (YIN, 2005). A pesquisa contou com revisão bibliográfica aprofundada acerca do MES servindo de base para a criação das perguntas utilizadas na técnica de entrevista semiestruturada. As perguntas e respostas foram registradas com o auxílio de gravador de áudio e a coleta de dados ocorreu via observação de campo e análise do banco de dados fornecido pelas empresas. Estes passos buscaram garantir maior robustez nos relatos e respostas seguindo as premissas de pesquisa proposta por (MIGUEL et al., 2012).

A definição das empresas ocorreu pelo acesso e representatividade destas em seu setor de atuação. A empresa AA fabrica produtos para sistemas automotivos, exporta para mais de 50 países e possui mais de 22 anos de mercado. A empresa BB fabrica produtos que podem ser acoplados a motores da linha automotiva, naval e industrial, sendo considerada líder no

segmento, exportando para mais de 50 países e mais de 52 anos de mercado. Ambas as empresas estão localizadas no estado do Rio Grande do Sul, Brasil.

Os entrevistados foram os gerentes da produção e responsáveis pela gestão do sistema MES das empresas. Ambos possuem mais de quatro anos de empresa e possuem conhecimento aprofundado das estratégias e do MES da empresa.

4. Estudo de caso

As empresas AA e BB efetuam o planejamento estratégico organizacional e da manufatura anualmente. As estratégias de manufatura são revisadas e adequadas em conformidade com as diretrizes organizacionais e as necessidades dos clientes.

Para a empresa AA, entre alguns dos objetivos estratégicos da manufatura citam-se: adequação do parque fabril em resposta a inserção de novos processos produtivos mais rápidos e econômicos; reavaliação do *mix* produtivo em busca de produtos com melhores resultados; reavaliação do planejamento de produção em busca da redução dos estoques intermediário e final; estabilidade na qualidade do produto visando reduzir o volume de rejeitos durante o processo produtivo; e o aumento do controle produtivo em termos de indicadores que sejam mais confiáveis, funcionais, de fácil acesso pelas pessoas e integrado aos demais sistemas corporativos. Para a empresa BB, alguns dos objetivos estratégicos referem-se: ao aumento da capacidade fabril, velocidade e quantidade de produtos que possam ser processados no mesmo momento nos equipamentos, mediante o incremento de novas máquinas mais sofisticadas e *retrofit* em máquinas mais antigas; ênfase no acompanhamento e no desenvolvimento de novos processos produtivos voltados a redução das paradas de máquina, principalmente as relacionadas com ferramental; redução dos volumes dos lotes de produção visando a redução dos volumes de produtos intermediários e maior redução no lead-time produtivo.

O Quadro 3 apresenta os objetivos estratégicos em termos de prioridades de competência da manufatura identificado nas empresas.

Quadro 3 – Prioridades de competência da manufatura, relações e motivações identificadas nas empresas

Empresa AA	Empresa BB
Custo: sendo considerado o principal objetivo no momento. As principais motivações são relacionadas ao aumento de algumas matérias-primas (MP) em virtude da taxa de cambio e o aumento dos recursos energéticos de gás e eletricidade absorvidos pela empresa para manter-se competitiva	Custo: motivado principalmente pelo aumento da concorrência de produtos importados ocorridos últimos anos neste segmento
Qualidade: este objetivo permanece importante e passa a ser complementar ao custo, de constante acompanhamento. Isso é motivado pelo bom nível e estabilização na qualidade dos produtos em anos anteriores	Entrega: em termos de rapidez e pontualidade. Os clientes a cada ano aumentam o <i>mix</i> e reduzem as quantidades adquiridas, ainda, esperarem receber as mercadorias em menor tempo
Inovação: na identificação de novos produtos ou processos que reduzam os custos e aumentem a qualidade do produto	Qualidade: de considerável importância, a qualidade dos produtos reflete as exigências do mercado e o surgimento de novos concorrentes ao longo do tempo. A empresa entende que a qualidade não é mais diferencial, mas sim uma necessidade para manter-se no mercado
	Flexibilidade: haja vista o aumento do <i>mix</i> de produtos ao longo do tempo e a redução do volume adquirido de cada unidade de produção pelos clientes
Também foi evidenciada, entretanto em menor grau de ênfase pelas empresas as prioridades de competência da manufatura entrega e flexibilidade na empresa AA e inovação na empresa BB	

Fonte: autores (2017)

Na empresa AA o sistema MES foi projetado pelo corpo técnico e concebido no ano de 2008 visando conhecer e controlar melhor os recursos produtivos. O sistema gerencia 15 equipamentos no setor de prensagem de produtos semiacabados do qual é considerado um dos setores mais importantes para a estabilidade produtiva. Na empresa BB o sistema foi reimplantado no ano de 2005 em substituição a outro sistema anterior que não comportava as necessidades da empresa. O sistema gerencia 66 equipamentos de usinagem dos quais representam o maior investimento em capital imobilizado, sendo considerado o local de maior

custo-hora produtiva. O Quadro 4 apresenta um resumo dos recursos MES identificado em uso nas empresas.

Quadro 4 – Comparativo entre pilares e recursos utilizado pelas empresas

Pilares	Empresa AA	Empresa BB
Gerenciamento dos recursos de produção	Histórico detalhado das máquinas e materiais	Histórico detalhado das máquinas, materiais e documentos; Liberação de máquinas para operação com controle e baixa de programas NC (baixar e gerenciar programas CNC – Comando Numérico Computadorizado)
Programação/ sequenciamento das operações	Definição do sequenciamento de produção	Não identificado
Distribuição de unidades de produção	Monitoramento das sequencias de trabalho e das quantidades	Não identificado
Controle de documentos	Visualização e registro de receitas, desenhos, instruções de trabalho, dados de processo e planos de ação	Visualização e registro de dados de processo
Aquisição de dados	Relacionado a materiais, ordens, pessoas, processos, qualidade e máquinas; Integrado a jusante entre o ERP e MES e a montante e jusante entre o MES e o supervisor do chão-de-fábrica. As informações no chão-de-fábrica ocorrem por meio dos equipamentos de Interface Homem Máquina - IHM, com leitores código de barras e alguns equipamentos com conexão à paquímetros digitais e sensoriamento das máquinas	Relacionado a materiais, ordens, pessoas, processos, qualidade e máquinas; Integrado a montante e jusante entre o ERP e MES. Na fábrica são utilizados coletores de dados com leitores de código de barras para a captura de informações de forma manual nas máquinas antigas e por meio de sensores nos equipamentos mais recentes de maior tecnologia
Gerenciamento da mão-de-obra	Rastreamento completo das atividades de mão-de-obra	Rastreamento completo das atividades de mão-de-obra
Gerenciamento da qualidade	Monitoramento dos movimentos dos produtos e respectivos motivos de rejeitos;	Monitoramento dos movimentos dos produtos e respectivos motivos de rejeitos

	Controle CEP com registro e plano de ação disponível diretamente para o operador	
Gerenciamento do processo	Monitoramento dos produtos e processos, dos alarmes, tempos de produção e sua relação entre o previsto e realizado	Monitoramento dos produtos e processos, dos alarmes, tempos de produção e sua relação entre previsto e realizado
Gerenciamento da manutenção	Histórico dos eventos de quebras, motivos e soluções; Tratamento estatístico com uso do MTBF e MTTR; Controle das ordens de manutenção	Histórico dos eventos de quebras, motivos e soluções
Rastreamento e genealogia do produto	Análise e base histórica de parâmetros de processo, alarmes, materiais, componentes, equipamentos, operador e ordem de produção	Análise e base histórica de parâmetros de processo, alarmes, materiais, componentes, equipamentos, operador, ordem e pedido
Análise do desempenho	Análise do desempenho da planta, setor, turno, máquina e operador; Indicadores de OEE, utilização dos recursos, tempo de setup, tempos de ciclos, tempos de paradas, motivos rejeitos e CEP integrado; Disponibilização em terminais IHM e em telas LCD no ambiente produtivo e em terminais de computador e acesso remoto externo da empresa para a equipe técnica	Análise do desempenho da planta, setor, turno, máquina e operador; Indicadores de utilização dos recursos, tempo de setup, tempos de ciclos, tempos de paradas e motivo dos rejeitos; Disponibilização em micro terminal e coletores de dados para informações sem interface gráfica

Fonte: autores (2017)

Em análise ao Quadro 4, constata-se uso distinto dos recursos MES nas empresas. Esta adequação é fundamental, vista a necessidade de ajuste ao apoio às estratégias de manufatura definidas como importante (vide Quadro 3). Segundo a literatura, os objetivos do negócio por meio das orientações estratégicas devem guiar as escolhas das práticas de produção, e essas devem guiar os programas a serem priorizados e desenvolvidos, para que estes contribuam adequadamente ao desempenho operacional (ARNAS; JABBOUR; SALTORATO, 2013).

Esta adequação e confiabilidade nas informações geradas pelo MES necessitou de dois anos para a empresa AA e cinco anos para a empresa BB. Este tempo foi caracterizado por alterações, adaptações, domínio e confiança dos operadores em ambas as empresas. De

acordo com os entrevistados, os recursos do MES não estão sendo explorados na integra. A exploração acontece em combinação aos ajustes das estratégias de manufatura.

A Tabela 1 apresenta alguns dos indicadores medidos pelo MES no período de cinco anos. Estes valores correspondem a diferença percentual com base no ano de 20x1 em comparação com os demais anos (conforme a disponibilidade de divulgação de informações aceita pelas empresas).

Tabela 1 – Resultado percentual comparativo entre em 20x1 versus 20x2, 20x3, 20x4 e 20x5

Nível	Indicador	Objetivo	Empresa AA				Empresa BB			
			20x1	20x1	20x1	20x1	20x1	20x1	20x1	20x1
			x	x	x	x	x	x	x	x
			20x2	20x3	20x4	20x5	20x2	20x3	20x4	20x5
1	Maq. Operando	Aumentar	10,1	0,0	-2,8	-1,7	23,6	37,4	32,1	23,9
2	Ociosidade	Reduzir	-76,1	-66,8	-19,6	-88,1	-55,0	-79,8	-76,0	-73,8
3	Paradas	Reduzir	4,8	19,0	10,3	27,9	33,3	35,6	48,5	77,3
4	Rejeitos (% sobre tot. prod.)	Reduzir	-24,2	-45,6	-52,6	-56,5	-19,1	-1,1	26,8	21,9
5	Lead-time	Reduzir	-5,0	-10,0	-20,0	-20,0	42,9	-28,6	-47,6	-71,4
6	*Custos de Produção	Reduzir				-8,7*				-9,7*

Nota: “*” o valor apresentado corresponde ao valor final obtido entre 20x1 a 20x5

Fonte: autores (2017)

Considerando os resultados da Tabela 1, verifica-se na empresa AA redução na ociosidade dos equipamentos, seguida dos rejeitos, lead-time e custo de produção. Estes resultados estão alinhados às prioridades de competência da manufatura da empresa, visto que o custo e qualidade foi alguns dos indicadores que mais melhoraram ao longo do tempo nesta empresa. Ainda, o aumento das paradas foi justificado, principalmente, pelo aumento do número de setup do qual viabilizou melhorar o fluxo produtivo e o lead-time. Já, máquina operando apresentou leve queda, sendo considerada sob controle pelo gerente de produção.

Similarmente, a empresa BB apresentou redução na ociosidade dos equipamentos, lead-time e custo de produção. Esses resultados podem ser considerados alinhados às prioridades de competência da manufatura da empresa; apesar do aumento do indicador de rejeitos em 20x4 e 20x5 e das paradas. Conforme os entrevistados, nos últimos anos ocorreu redução dos volumes de produção e aumento do *mix* produtivo; advindo do mercado. Essa situação provocou maior elevação nas paradas, especialmente nos setups e, em virtude do processo,

normalmente as primeiras peças são rejeitadas contribuindo para a elevação do indicador rejeitos. Visando minimizar maiores impactos na produção, estes indicadores recebem constantes planos de ação em busca de melhoria.

4. Considerações finais

O objetivo deste artigo foi identificar as formas utilizadas do MES que conduzem ao suporte às estratégias produtivas. Para isso, foi apresentada análise de caso de duas empresas usuárias de sistema MES com produtos e processos distintos. Ainda, foram observados os objetivos estratégicos, as características e funcionalidades MES e os indicadores num período de cinco anos.

Os objetivos estratégicos da manufatura orientado pelas prioridades de competência da manufatura foram para a empresa AA: custo, qualidade e inovação; empresa BB: custo, entrega, qualidade e flexibilidade; e outros de menor amplitude. A análise do caso demonstra que os objetivos variaram ao longo do tempo, motivado principalmente no ajuste às necessidades de mercado. Esse ajuste requer constante análise e priorização dos elementos da produção. Para isso é necessário dispor de meios, entre eles, por exemplo, o uso da TI MES.

O MES dispõe de uma série de recursos dispostos em funcionalidades. Neste artigo foi possível constatar diferentes uso dessas funcionalidades pelas empresas. Isso é proveniente das diferenças entre as empresas, relacionado ao tipo de produto, de processo, e principalmente dos objetivos estratégicos priorizados. Ainda, as empresas apresentaram diferentes maneiras de ajuste do MES às suas necessidades e continuam a ampliar e direcionar os esforços a novas funcionalidades em função dos objetivos estratégicos – isso denota ser a maneira mais coerente de resposta ao objetivo deste artigo; situação que deve ser compreendida pelas empresas que pretendam implantar ou melhorar os resultados MES, ou seja, não é a quantidade de recursos utilizados, mas a correta priorização das funcionalidade no apoio as estratégias de manufatura definidas como prioritárias.

Os indicadores monitoradas pelos recursos MES no período de cinco anos apresentaram melhorias. O monitoramento ocorre em um processo de que o MES mede, registra, sinaliza e orienta à gestores ou técnicos com informações para a tomada de decisão. Essas informações podem ser rápidas e confiáveis, proporcionando maior conhecimento dos produtos e processos facilitando no direcionamento dos planos de ação, por consequência, maior rapidez na melhoria dos indicadores.

Apesar das constatações obtidas na pesquisa, reconhece-se limitadores. O estudo ocorreu em duas empresas, não permitindo generalizações. Sugerem-se pesquisas que explorem a priorização das funcionalidades MES em consonância aos diferentes objetivos estratégicos, ainda, na criação de meta-modelos que possam auxiliar no direcionamento dos principais indicadores em função dos objetivos da produção; com isso, ampliar as contribuições da Engenharia de Produção no desenvolvimento das empresas.

REFERÊNCIAS

ABES. Mercado Brasileiro de Software: panorama e tendências, 2015. ABES - Associação Brasileira das Empresas de Software, jun. 2015.

ARNAS, E. R.; SOUSA JABBOUR, A. B. L. de; SALTORATO, P. Relationships between operations strategy and lean manufacturing: an exploratory study. *African Journal of Business Management*, v. 7, n. 5, p. 344, 2013.

ALMADA-LOBO, F. The Industry 4.0 revolution and the future of Manufacturing Execution Systems (MES). *Journal of Innovation Management*, v. 3, n. 4, p. 16–21, 2016.

ANTUNES, J; ALVAREZ, R.; KLIPPEL, M.; PELLEGRIN, I.; BORTOLOTTI, P. *Sistemas de produção: conceitos e práticas para projeto e gestão da produção enxuta*. Porto Alegre: Bookman, 2008.

BANERJEE, A.; BOMMU, N.; AGARWAL, P.; JAISANKAR, N. Design of Manufacturing Execution System for FMCG Industries. *International Journal of Engineering and Technology (IJET)*, v. 5, n. 3, p. 2366–2374, 2013.

BERCHET, C.; HABCHI, G. The implementation and deployment of an ERP system: An industrial case study. *Computers in Industry*, v. 56, n. 6, p. 588–605, 2005.

CLEVELAND, G.; SCHROEDER, R.; ANDERSON, J. A Theory of Production Competence. *American Economic Review*, v. 20, n. 1, p. 139–165, 1989.

CORBETT, C.; VAN WASSENHOVE, L.; DE CONSTANCE, B. Trade-offs? What trade-offs? *California Management Review*, n. Summer, p. 107–122, 1993.

COTTYN, J.; LANDEGHEM, H.; STOCKMAN, K.; DERAMMELAERE, S. A method to align a manufacturing execution system with Lean objectives. *International Journal of Production Research*, v. 49, n. 14, p. 4397–4413, 15 jul. 2011.

DAI, Q.; ZHONG, R.; HUANG, G.; QU, T.; ZHANG, T.; LUO, T. Radio frequency identification-enabled real-time manufacturing execution system: a case study in an automotive part manufacturer. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, v. 25, n. 1, p. 51–65, 2012.

DE OLIVEIRA, T. H.; HELLENO, A. L. Sistema de apoio à gestão da produção: indicadores de eficiência operacional – estudo de caso. *Ciência & Tecnologia*, v. 17, n. 33, p. 39–52, 2012.

DE VARGAS, E. J.; SELLITTO, M. A. Contribuição do manufacturing execution system na execução de prioridades competitivas em empresas de manufatura. *Revista Produção Online*, v. 16, n. 3, p. 875, sep 2016.

DEPECON. Panorama da Indústria de transformação Brasileira. Departamento de Pesquisas e Estudos Econômicos, p. 1–68, 14 maio 2015.

DIRECTA AUTOMAÇÃO. Gestão Integrada no Chão de Fábrica. Disponível em: <www.directautomação.com.br>. Acesso em: 7 fev. 2016.

VARGAS, E. J. Modelagem para distribuição de importâncias entre funcionalidades que compõem os pilares de manufacturing execution system em aplicações industriais. 2016. 127 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas) Universidade do Vale do Rio dos Sinos, 2016.

EFACT. Soluções. Disponível em: <<http://www.efact.com.br/>>. Acesso em: 7 fev. 2016.

- FERDOWS, K.; DE MAYER, A. Lasting improvements in manufacturing performance: In search of a new theory. *Journal of Operations Management*, v. 9, n. 2, p. 168–184, abr. 1990.
- HAYES, R.; PISANO, G.; UPTON, D.; WEELWRIGHT, S. *Em Busca da Vantagem Competitiva*. Porto Alegre: Bookman, 2008.
- HELO, P.; SUORSA, M.; HAO, Y.; ANUSSORNNITISARN, P. Toward a cloud-based manufacturing execution system for distributed manufacturing. *Computers in Industry*, v. 65, n. 4, p. 646–656, 2014.
- HÖPPE, N.; SEEANNER, F.; SPIECKERMANN, S. Simulation-based dispatching in a production system. *Journal of Simulation*, v. 10, n. 2, p. 89–94, sep 2015.
- KLETTI, J. *Manufacturing Execution Systems — MES*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2007.
- LIDDELL, M. *O pequeno livro azul da programação da produção*. Vitoria: Tecmaran Consultoria e Planejamento, 2009.
- MCCLELLAN, M. Introduction to manufacturing execution systems. In: *MES conference & exposition, Anais...* Baltimore – Maryland, p. 1–12, 2001.
- MELLO, A. C. S.; BOTINHÃO, C. V. MES (Manufacturing Execution System) - uma abordagem histórica, conceitual e funcional. *Revista InTech - América do Sul - ISA*, n. 141, p. 45, 2012.
- MESA. MESA - MANUFACTURING EXECUTION SYSTEM ASSOCIATION. Disponível em: <<http://www.mesa.org/en/index.asp>>. Acesso em: 1 abr. 2017.
- MIGUEL, P. A. C. et al. *Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações*. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.
- MILLER, J. G.; ROTH, A. V. A taxonomy of manufacturing strategies. *Management Science*,

v. 40, n. 3, p. 285–304, 1994.

NAEDELE, M.; CHEN, H.; KAZMAN, R.; CAI, Y.; XIAO, L.; SILVA, C. Manufacturing Execution Systems: A Vision for Managing Software Development. *Journal of Systems and Software*, v. 101, p. 59–68, 2015.

NEGAHBAN, A.; SMITH, J. S. Simulation for manufacturing system design and operation: literature review and analysis. *Journal of Manufacturing Systems*, v. 33, n. 2, p. 241–261, 2014.

NEUHAUS, C. A.; SILVA, M. G.; PACHECO, D. A. J. Implicações de Manufacturing Execution Systems na Gestão da Qualidade Industrial. *Revista Gestão, Inovação e Tecnologias*, v. 4, n. 5, p. 1489–1500, 22 dez. 2014.

NEVES, J.; MARINS, F.; AKABANE, G.; KANAANE, R. Deployment the MES (Manufacturing Execution System) aiming to improve competitive priorities of manufacturing. *Independent Journal of Management & Production*, v. 6, n. 2, p. 449–463, 2015.

NEWS, M. Industry 4.0: MES supports Decentralization. *MPDV Mikrolab GmbH*, p. 1–40, 2015.

PANTALEÃO, L. H. Modelo flexível de gestão estratégica da produção: técnicas, capacitações, dimensões competitivas e resultados globais da empresa. 2012. 181f.. Tese (Doutorado em Administração), Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Novo Hamburgo, 2012.

QUINTELLA, R. H.; DIAS, C. C. Trends in International Business Thought and Literature : Business Strategy in Brazil — How a Definition May Help. *The International Executive*, v. 39(3), n. may/june, p. 433–458, 1997.

RESEARCHANDMARKETS. *Research and Markets : Global Manufacturing Execution System Market 2015-2020 - Chemicals , Food & Beverages , Life Science , Oil & Gas &*

Power Analysis of the \$ 12 Billion Industry. Disponível em:

<<http://www.researchandmarkets.com/research/99jhf7/manufacturing>>. Acesso em: 11 nov. 2015.

SAENZ DE UGARTE, B.; ARTIBA, A.; PELLERIN, R. Manufacturing execution system – a literature review. *Production Planning & Control*, v. 20, n. January 2015, p. 525–539, 2009.

SEDANO, J.; BERZOSA, A.; VILLAR, J.; CORCHADO, E.; CAL, E. Optimising operational costs using Soft Computing techniques. *Integrated Computer-Aided Engineering*, v. 18, n. 4, p. 313–325, 2011.

SELLITTO, M. A.; WALTER, C. Medição e pré-controle do desempenho de um plano de ações estratégicas em manufatura. *Gestão & Produção*, v. 12, n. 3, p. 443-458, 2005.

SKINNER, W. Manufacturing-missing link in corporate strategy. *Harvard Business*, v. 47, n. 3, p. 136–145, 1969.

SLACK, N.; LEWIS, M. *Estratégia de Operações*. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2009.

TEIXEIRA, R.; LACERDA, D.; ANTUNES, J.; VEIT, D. *Estratégia de Produção: 20 artigos clássicos para aumentar a competitividade da empresa*. Porto Alegre: Bookman, 2014.

UÇAKTÜRK, A.; VILLARD, M. The Effects of Management Information and ERP Systems on Strategic Knowledge Management and Decision-making. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, v. 99, p. 1035–1043, 2013.

WHEELWRIGHT, S. C.; HAYES, R. H. Competing through manufacturing. *Harvard Business Review*, v. 63, n. 1, p. 99–109, 1985.

WILLIAMS, T. J. A Reference Model for Computer Integrated Manufacturing (CIM): A Description from the Viewpoint of Industrial Automation. North Carolina 27709: [s.n.]. Disponível em: <<http://www.pera.net/Pera/PurdueReferenceModel/ReferenceModel.pdf>>.

YIN, R. Estudo de Caso: planejamento e métodos. Porto Alegre: Bookman, 2005.

ZAYATI, A.; BIENNIER, F.; MOALLA, M.; BADR, Y. Towards lean service bus architecture for industrial integration infrastructure and pull manufacturing strategies. *Journal of Intelligent Manufacturing*, v. 23, n. 1, p. 125–139, 20 fev. 2012.

ZHANG, Y.; GREGORY, M. Managing global network operations along the engineering value chain. *International Journal of Operations & Production Management*, v. 31, n. 7, p. 736–764, 21 jun. 2011

ZHANG, Y. H. et al. An Extensible Event-Driven Manufacturing Management with Complex Event Processing Approach. *International Journal of Control*, v. 2, n. 3, p. 1–12, 2009.

Capítulo 21

OS CUSTOS DE FAZER P&D COMO FATORES INFLUENCIADORES NO GRAU DE COMPLEXIDADE TECNOLÓGICA ATRIBUÍDO ÀS SUBSIDIÁRIAS DE MULTINACIONAIS NO BRASIL

Roberto Costa Moraes

OS CUSTOS DE FAZER P&D COMO FATORES INFLUENCIADORES NO GRAU DE COMPLEXIDADE TECNOLÓGICA ATRIBUÍDO ÀS SUBSIDIÁRIAS DE MULTINACIONAIS NO BRASIL

Roberto Costa Moraes

Resumo

Dada a importância das atividades de pesquisa e desenvolvimento (P&D) nas subsidiárias de empresas multinacionais localizadas no Brasil, este artigo tem como objetivo principal analisar a influência dos custos de fazer P&D no grau de complexidade tecnológica atribuído a essas subsidiárias por suas respectivas matrizes. A metodologia principal adotada na investigação foi a abordagem quantitativa, mas foi realizada também uma pesquisa qualitativa para a definição dos indicadores de mensuração dos custos de P&D da subsidiária. Foram coletados 90 (noventa) questionários, sendo tabulados e analisados com o auxílio do Excel. As questões formuladas versavam sobre o fato de o custo de aquisição e manutenção de máquinas e equipamentos para P&D no país da subsidiária ser inferior ao mesmo custo na matriz (CAME), o fato de o custo de remuneração da equipe local (especialistas) de P&D ser inferior ao custo da matriz (CREL), e o fato de o custo de obtenção de insumos para P&D no país da subsidiária ser inferior ao mesmo custo no país da matriz (COIN). Os resultados demonstraram que o ponto de vista favorável dos especialistas em P&D foi confirmado pelo resultado do levantamento quantitativo, onde havia concordância da maioria dos respondentes quanto à relevância desses indicadores para a tomada de decisão quanto ao grau de complexidade tecnológica atribuído às subsidiárias. A pesquisa apontou também a necessidade de análise de outros indicadores relacionados ao grau de complexidade tecnológica das atividades de P&D.

Palavras-chave: custos de fazer p&d, multinacionais, complexidade tecnológica.

1. Introdução

O processo de internacionalização de empresas é elemento importante dentro do contexto da

globalização dos mercados, tendo em vista que esses agentes econômicos proporcionam a movimentação de capitais ao redor do mundo, possibilitando a geração de riqueza e emprego. Como participante desse processo de globalização, a estratégia de internacionalização das atividades produtivas e mercadológicas, por parte das empresas originárias de países desenvolvidos, ganharam projeção e importância nas decisões dessas corporações, direcionando seus investimentos também nas atividades de pesquisa e desenvolvimento, antes concentrados no âmbito dos países desenvolvidos, e, nos últimos 20 (vinte) anos, sendo direcionados os esforços no sentido de alcançar, também, os mercados emergentes como China, Índia e Brasil.

Em uma pesquisa realizada por Galina et al (2013), onde os objetivos pretendiam identificar a relação entre o tipo de P&D realizada no Brasil e as razões que levaram as empresas multinacionais a localizá-las no país e a relação entre os fatores que as levaram a manter as atividades de P&D no Brasil e a inserção das subsidiárias brasileiras nas redes de desenvolvimento global de produtos das suas respectivas corporações, os fatores de atratividade foram classificados em 04 (quatro) grupos (tecnológico, mercadológico, econômico e localidade), nos quais podem ser observadas nas questões tecnológicas, os incentivos e políticas públicas favoráveis, a facilidade de importar insumos e equipamentos para a realização de P & D, a facilidade de parcerias com universidades e centros de pesquisa, a disponibilidade de pessoal capacitado em quantidade e a estrutura de propriedade intelectual favorável à empresa. Já na questão econômica, os autores levantam fatores como os custos de fazer P&D no Brasil, o custo da mão de obra qualificada e a rentabilidade da unidade local (GALINA ET AL., 2013).

Também os referidos autores fazem referência à questão dos custos da firma e à infraestrutura como fatores relevantes para analisar a atratividade no que se refere à tomada de decisão da matriz da empresa multinacional quanto à localização das atividades de P&D.

Lall (1992), em um trabalho seminal para a área de capacidades tecnológicas em mercados emergentes, constrói a matriz de capacidades tecnológicas, estabelecendo, com base no grau de complexidade, as capacidades tecnológicas de nível básico, intermediário e avançado.

Esta investigação adota como referência para a análise do grau de complexidade tecnológica das atividades de P&D das subsidiárias de multinacionais que atuam no Brasil a matriz de capacidades tecnológicas de Lall (1992), no que se refere especificamente àqueles graus de complexidade.

Boehe (2007), ao analisar os papéis das subsidiárias brasileiras na estratégia de inovação de empresas multinacionais estrangeiras, mais especificamente na questão dos projetos de desenvolvimento de produtos, considerando a autonomia e a competição interna entre as subsidiárias, adapta a tipologia de capacidades tecnológicas de Lall (1992), classificando-as, também em básicas (baixo grau de complexidade), intermediárias (grau intermediário de complexidade) e avançadas (alto grau de complexidade)..

Figueiredo (2005), na busca por métricas mais aperfeiçoadas para a capacidade tecnológica no nível da firma, aperfeiçoando a análise de Lall (1992) e Bell & Pavitt (1995), quanto à capacidade tecnológica de firmas em ambiente de mercados emergentes e, partindo dos conceitos de aprendizagem tecnológica e acumulação de capacidade tecnológica, tendo como pano de fundo a questão da inovação industrial, estabelece um modelo descritivo no qual desenvolve 07 (sete) níveis de competências tecnológicas (dentro de determinadas funções tecnológicas e atividades relacionadas): básico, renovado, extra básico, pré-intermediário, intermediário, intermediário superior e avançado.

Assim, ainda permanece na literatura uma lacuna em relação à análise do grau de complexidade tecnológica atribuído às áreas de P&D de subsidiárias em mercados emergentes, de forma geral, e, especificamente, no caso das subsidiárias de multinacionais que operam no Brasil. Assim, em decorrência desta discussão, surge a seguinte questão de pesquisa:

Em que medida os menores custos de fazer P&D influenciam na tomada de decisão quanto ao grau de complexidade tecnológica das atividades de P&D, atribuído pela matriz às subsidiárias?

2. O Grau de complexidade das atividades de P&D

Em seu artigo seminal, Lall (1992), inicialmente, relaciona o conceito de complexidade tecnológica à dificuldade e ao grau de incerteza ou de novidade da tecnologia, na clássica categorização das capacidades tecnológicas da firma, caracterizando, posteriormente, a capacidade tecnológica nacional. Em função da complexidade envolvida na realização das atividades que envolvem essas capacidades tecnológicas (investimento, produção e interações com a economia), o autor classifica-as em capacidades tecnológicas básicas, capacidades

tecnológicas intermediárias e capacidades tecnológicas avançadas.

Wonglimpiyarat (2005), ao analisar a relação entre a complexidade da mudança tecnológica e a respectiva velocidade de implementação, estabelece uma métrica relativa à complexidade de mudança tecnológica separada em três estágios: caminho para desenvolver, caminho para entregar e ida ao mercado. Na fase relacionada ao caminho para desenvolver o autor considera a dificuldade científica e tecnológica na tarefa de desenvolvimento, a coordenação da rede ou interface do sistema implementado, o capital investido e a proteção por patentes (instrumentos legais). Na fase relacionada ao caminho para entregar o autor considera a distribuição do produto e a padronização, e na fase de ir ao mercado, leva em consideração o entendimento da demanda do cliente, a existência de fluxo de receitas concorrentes, as atividades de *marketing*, e as incertezas de mercado (WONGLIMPIYARAT, 2005). Com base nesses indicadores o autor estabelece 05 (cinco) níveis de complexidade tecnológica: complexidades mais baixas, complexidades baixas, complexidades médias, complexidades altas, e complexidades mais altas.

Vidal et al. (2011) analisa a complexidade de projetos, categorizando-a em duas vertentes: a tecnológica e a organizacional, e utiliza quatro grupos de fatores: tamanho, variedade, interdependências, e dependência em relação ao contexto. No grupo relativo à variedade, os autores consideram as modalidades de tecnologias usadas durante o projeto, a variedade de componentes do produto, a variedade de recursos manipulados, a variedade de dependências tecnológicas, e a variedade de habilidades tecnológicas necessárias. No grupo de fatores relacionados a tamanho, é considerada a largura do escopo, ou seja, o número de componentes, e o número e quantidade de recursos. No grupo de interdependências, aquelas ligadas à especificação, dependências dos processos tecnológicos, interdependências entre os componentes do produto, e interdependências de recursos e matéria prima. Por fim, no grupo relativo à dependência no contexto, os autores relacionam os indicadores de complexidade do ambiente (ambiente de relacionamento), grau de inovação tecnológica, configuração e variedade cultural, novas leis e regulamentações, demanda de criatividade, escopo para desenvolvimento, leis e regulamentações locais, configuração institucional, importância na agenda pública, e a competição.

Lall (1992), ao desenvolver uma matriz de capacidades tecnológicas apropriada aos mercados emergentes, considera 03 (três) níveis de capacidade tecnológica (básica, intermediária e avançada), segundo o grau de complexidade dessas atividades, aplicando esses níveis a

diversas áreas funcionais como as atividades de engenharia de produto, no nível básico de complexidade envolvendo a engenharia reversa e pequenas adaptações às necessidades do mercado, no nível intermediário, envolvendo a melhoria na qualidade dos produtos, licenciamento e assimilação de novas tecnologias importadas de produto, e no nível avançado envolvendo a inovação interna de produto e a pesquisa básica.

Para fins desta investigação entende-se como grau de complexidade tecnológica das atividades de P&D o nível de incerteza dessas atividades (Lall, 1992), aliado à profundidade de conhecimentos e competências necessários para desenvolver tais ações. No grau mais elementar o presente estudo considerou as atividades que desenvolviam suporte técnico às áreas de Marketing e Vendas, resolvendo problemas dos clientes, denominando-o de G1. No segundo grau de complexidade tecnológica foram incluídas as atividades de adaptação, customização e pequenas melhorias em produtos e processos, o qual foi denominado de G2. Na sequência, as atividades de melhorias significativas em produtos e processos, podendo ser aproveitados em outras unidades da empresa em outros países foram consideradas como o terceiro grau de complexidade tecnológica (G3). As atividades relativas ao desenvolvimento de tecnologia para realizar novos produtos dentro das famílias de produtos da empresa, podendo ser aproveitados em outras unidades da empresa em outros países foram consideradas como de grau 4(quatro) ou G4. Já, as unidades de P&D que desenvolviam tecnologia para novos produtos, criando novas famílias de produtos, podendo ser aproveitados em outras unidades da empresa em outros países foram classificadas no grau 5 (G5). Por fim, as unidades de P&D que desenvolviam pesquisa básica relacionada com as áreas de atuação da empresa, podendo gerar novas oportunidades no futuro foram categorizadas com o grau 6 (G6).

3. Custos de fazer P&D

Iwasa e Odagiri (2004) mensuram a contribuição das atividades de P&D das multinacionais japonesas e de suas subsidiárias no exterior, incluindo a análise dos gastos de P&D nas matrizes e nas subsidiárias. Os autores utilizam variáveis de análise relacionadas aos gastos de P&D das matrizes japonesas e gastos de P&D das subsidiárias nos Estados Unidos.

Todo e Shimizutani (2008) investigam o impacto das atividades de P&D das subsidiárias de multinacionais japonesas no exterior sobre o crescimento da produtividade das matrizes

dessas multinacionais, utilizando-se de dados coletados no nível da firma. Os autores utilizam variáveis de análise como a parcela dos gastos de P&D das matrizes em relação aos seus valores agregados, a parcela dos gastos totais de P&D das subsidiárias estrangeiras em relação ao valor agregado pelas matrizes das multinacionais, a proporção dos gastos de P&D inovador das subsidiárias no exterior em relação ao valor agregado pelas matrizes das multinacionais e a proporção dos gastos de P&D adaptativo de subsidiárias no exterior em relação ao valor agregado pelas matrizes das multinacionais.

Makumbe et al. (2009) discutem as vantagens de localização em desenvolvimento de produtos globais, investigando junto a executivos encarregados em desenvolvimento de produtos, mais especificamente, sistemas eletromecânicos complexos, analisam a influência das variáveis como capacidade nacional, tamanho do mercado, força de trabalho de engenharia, e custo do trabalho sobre o desenvolvimento do produto no país. Os autores não encontraram evidências empíricas favoráveis acerca do efeito da diminuição dos custos do trabalho no aumento do desenvolvimento de produtos no país.

Vasconcellos et al. (2009) analisam o grau de complexidade tecnológica das atividades de uma unidade de P&D de uma subsidiária de multinacional norte-americana atuando no Brasil, apresentando um modelo conceitual para apoiar a decisão de elevar o referido grau. Valendo-se de um estudo de caso, os autores consideram como fatores que afetam o desempenho da unidade de P&D na subsidiária: o custo dos recursos humanos na subsidiária em comparação com a matriz, o custo dos recursos humanos no país da subsidiária em comparação com o mesmo custo no país da matriz e o custo de equipamento de P&D em tecnologias estratégicas. Chiesa et al. (2009), ao explorarem a interação entre medidas objetivas, dimensões de desempenho e fatores contextuais, quando da análise da mensuração do desempenho de P&D, utilizam indicadores relativos ao custo total de cada projeto de P&D, ao gasto anual de P&D, ao custo ou percentual de redução de custo advindos de novos projetos, ao custo para adquirir uma nova tecnologia, ao percentual das despesas de P&D que levam a novos produtos ou melhoria de produtos ou processos.

Ambos e Ambos (2009) investigam o gerenciamento e o desempenho dos laboratórios internacionais de P&D no contexto dos mercados emergentes, comparando-os com os laboratórios localizados em mercados desenvolvidos, utilizando uma amostra geral composta por 134 (cento e trinta e quatro) unidades. Entre outras variáveis de análise, os autores consideram as questões relacionadas a custos e busca por mercados por parte das

multinacionais germânicas.

Babkin et al. (2015) investigam os principais direcionadores de inovação no setor de empresas de tecnologia da informação, utilizando os custos de fazer P&D como um dos indicadores. Os autores, entre outros achados, chegam à conclusão de que o aumento desses custos contribui para o aumento da receita das empresas.

Lemi (2010) analisa, no nível da indústria, o processo de internacionalização de P&D de subsidiárias de multinacionais dos Estados Unidos localizadas em países desenvolvidos e em desenvolvimento, examinando os determinantes das despesas de P&D, e uma de suas hipóteses está relacionada aos impactos decorrentes do custo dos salários nessas despesas. Um dos achados da autora refere-se ao fato de que os custos da mão de obra não influenciam as despesas de P&D, mesmo em países em desenvolvimento.

Galina et al. (2013) busca investigar qual é a relação entre os fatores que levaram e mantém atividades de P&D em subsidiárias de empresas multinacionais estrangeiras no Brasil em função da complexidade dessas atividades. Os autores desenvolveram duas linhas complementares de investigação: cruzamento entre o tipo e a complexidade de P&D e os fatores priorizados (mercadológicos ou tecnológicos) para escolha das subsidiárias para alocar funções de inovação tecnológica; e cruzamento entre os fatores atrativos de P&D e o tipo de produto (local ou global) desenvolvido localmente. Foram realizadas entrevistas presenciais com presidentes e diretores de P&D de 54 (cinquenta e quatro) subsidiárias de multinacionais localizadas no Brasil. Assim, os autores identificam na literatura pertinente 23 (vinte e três) fatores determinantes para investir em P&D no Brasil, categorizando-os em tecnológicos, mercadológicos, econômicos e de localidade. Os autores estabelecem 05 (cinco) tipos de atividades de P&D presentes nessas subsidiárias: não realiza atividades de P&D (tipo 1), desenvolvimento esporádico está presente/pesquisa não é realizada (tipo 2), esforço contínuo para desenvolvimento/pesquisa não é realizada (tipo 3), esforço contínuo para desenvolvimento/pesquisa esporádica está presente (tipo 4), e além de esforço contínuo para desenvolvimento/pesquisa é contínua e estratégica para a corporação global (tipo 5). Desta forma, Galina et al. (2013), no contexto dos fatores econômicos (15,3%) identificaram os custos de fazer P&D (10%) e os custos de mão de obra qualificada (4,4%) como aspectos relevantes a serem considerados no investimento em P&D. Os autores inferem a relevância do peso da mão de obra brasileira no custo total de fazer P&D, e, em alguns casos, verificam que este indicador é até maior que na China e Índia.

Colovic (2007), ao analisar os fatores que determinam a localização de unidades de P&D, adotando uma metodologia de revisão da literatura e entrevistas qualitativas com especialistas, chegou a uma relação extensa de 34 (trinta e quatro) fatores, dos quais 08 (oito) foram considerados mais relevantes: fatores humanos; fatores de Ciência e Tecnologia; fatores relacionados a regiões, efeitos de aglomerações, efeitos de proximidades e redes; fatores relacionados ao mercado e à demanda; fatores relacionados a infraestruturas; fatores relacionados a ambiente global para a P&D; fatores relacionados a aspectos financeiros, incluindo o papel do estado no financiamento da pesquisa; e fatores de custo para a firma. Também a referida autora faz referência à questão dos custos da firma como fator relevante para analisar a atratividade para a localização das atividades de P&D.

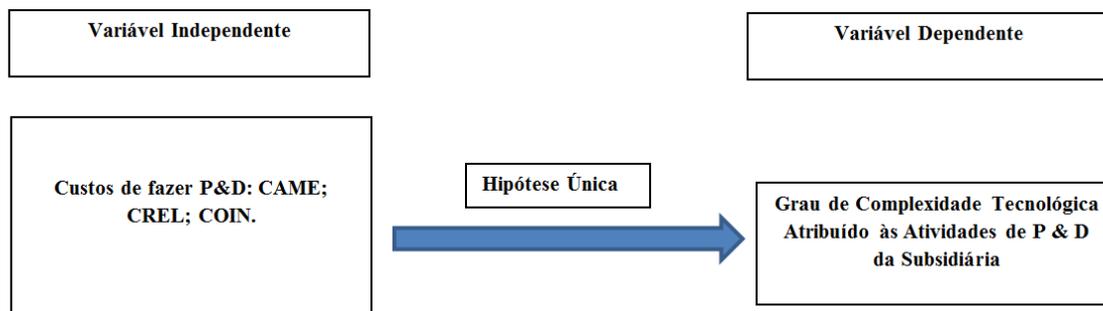
Gomes (2003), por meio de uma pesquisa de levantamento (survey eletrônica), realizado junto a filiais de empresas multinacionais instaladas no Brasil, envolvendo 88 (oitenta e oito) unidades de análise, identificaram 06 (seis) grupos de fatores de atração de atividades de P&D no Brasil: recursos de mão de obra, mercado, arcabouço legal e institucional do país, infraestrutura básica e serviços de apoio a P&D, comprometimento com a P&D, e apoio à P&D. Nesse estudo, os autores mencionam, como fator de análise, os custos relativos à mão de obra qualificada, como relevantes para avaliar a atratividade de atividades de P&D em subsidiárias, e apresentam uma comparação entre as unidades locais e os competidores internacionais.

Desta forma, tendo em vista a relevância da questão dos custos de fazer P&D no contexto das subsidiárias de multinacionais, formula-se a seguinte hipótese:

Hipótese: Os menores custos de fazer P&D na subsidiária, em relação à matriz, influenciam positivamente a tomada de decisão quanto ao grau de complexidade tecnológica das atividades de P&D atribuído pela matriz às subsidiárias no Brasil.

Assim, pode-se visualizar, para os propósitos do presente estudo, o seguinte modelo de pesquisa:

Figura 1 - Modelo Teórico da Pesquisa



Fonte: elaborado pelo autor

Os custos de fazer P&D foram mensurados por meio dos seguintes indicadores: fato de o custo de aquisição e manutenção de máquinas e equipamentos para P&D no país da subsidiária ser inferior ao mesmo custo na matriz (CAME), o fato de o custo de remuneração da equipe local (especialistas) de P&D ser inferior ao custo da matriz (CREL), e o fato de o custo de obtenção de insumos para P&D no país da subsidiária ser inferior ao mesmo custo no país da matriz (COIN). Todos esses indicadores foram formados a partir de uma pesquisa de cunho qualitativo, realizada junto a especialistas da área de P&D de subsidiárias de multinacionais que operavam no território brasileiro.

2. Procedimentos metodológicos

A presente investigação quanto à natureza da pesquisa classifica-se em pesquisa aplicada, pois objetiva a utilização do conhecimento com finalidades práticas. Quanto aos objetivos, classifica-se como pesquisa descritiva, pois pretendeu descrever as características de um determinado fenômeno ou relação entre variáveis (no caso a relação entre custos de fazer P&D e o grau de complexidade tecnológica das atividades de P&D das subsidiárias de multinacionais no Brasil). Ainda, nessa questão dos objetivos, ocorreu, também, uma fase exploratória (abordagem qualitativa), tendo em vista a necessidade de o pesquisador formar o conjunto de indicadores para as variáveis dependente e independente.

O quadro abaixo mostra o perfil dos respondentes da pesquisa qualitativa que foi considerada para a formação dos indicadores de nível de desenvolvimento de produto.

Quadro 1 - Especialistas Entrevistados na Fase Qualitativa Exploratória

Especialista Nr	Cargo	Forma de Entrevista	CNAE – Classificação Nacional de Atividades Econômicas (IBGE, 2015).
01	Gerente de P&D	Via Skype	Indústrias de transformação – 20: FABRICAÇÃO DE PRODUTOS QUÍMICOS
02	Gerente de P&D	Via Skype	Indústrias de transformação – 21: FABRICAÇÃO DE PRODUTOS FARMOQUÍMICOS E FARMACÊUTICOS
03	Gerente de P&D	Presencial	Indústrias de Transformação – 304: FABRICAÇÃO DE AERONAVES.
04	Gerente de P&D	Presencial	Indústrias de Transformação – 294: FABRICAÇÃO DE PEÇAS E ACESSÓRIOS PARA VEÍCULOS AUTOMOTORES.
05	Gerente de P&D	Presencial	Indústrias de transformação – 20: FABRICAÇÃO DE PRODUTOS QUÍMICOS
06	Gerente de P&D	Via Skype	Indústrias de Transformação – 294: FABRICAÇÃO DE PEÇAS E ACESSÓRIOS PARA VEÍCULOS AUTOMOTORES.
07	Gerente de P&D	Via Skype	Indústrias de Transformação – 29: FABRICAÇÃO DE VEÍCULOS AUTOMOTORES, REBOQUES E CARROCERIAS.
08	Gerente de P&D	Presencial	Indústrias de Transformação – 221: FABRICAÇÃO DE PRODUTOS DE BORRACHA.
09	Gerente de P&D	Presencial	Indústrias de Transformação- 294: FABRICAÇÃO DE VEÍCULOS AUTOMOTORES, REBOQUES E CARROCERIAS.

Fonte: elaborado pelo autor

Os dados quantitativos foram coletados mediante a aplicação de questionário tipo *survey* eletrônico, com a estruturação de uma plataforma na internet, onde os respondentes eram convidados a participar, mediante o envio de um *link* ao e-mail do gestor.

O roteiro do questionário foi elaborado tendo como referência a literatura e, principalmente, os achados decorrentes da análise qualitativa realizada com base nas entrevistas com os especialistas da área de P&D de subsidiárias de multinacionais que operavam no Brasil. A formação das variáveis e seus indicadores surgiu a partir da análise das respostas contidas nas entrevistas semiestruturadas, em concordância com a literatura pertinente.

A escala utilizada para mensurar os indicadores relativos às variáveis independentes foi a do tipo Likert (LIKERT, 1932), com as seguintes alternativas de resposta: discordo totalmente (valor 1), discordo muito (valor 2), discordo pouco (valor 3), concordo pouco (valor 4),

concordo muito (valor 5) e concordo totalmente (valor 6). Para mensurar as categorias da variável dependente (grau de complexidade tecnológica das atividades de P&D) foi utilizada uma escala composta de 06 (seis) posições: Grau 1 (um), Grau 2 (dois), Grau 3 (três), Grau 4 (quatro), Grau 5 (cinco), e Grau 6 (seis).

Quanto à metodologia de amostragem, tendo em vista a impossibilidade de se definir o universo a ser pesquisado (N) e, conseqüentemente, a dificuldade para calcular o valor da amostra (n), optou-se pela utilização de uma amostra não probabilística (MATTAR, 2014). Entre outras razões para a não utilização de amostras probabilísticas, Mattar (2014) comenta que a não disponibilidade de dados sobre a população (número, listagens, etc.) impede a construção de amostras probabilísticas.

Foram reunidos 90 (noventa) questionários completos, coletados no período de janeiro a março de 2017, sendo tabulados no Excel e as análises estatísticas foram realizadas utilizando-se do software SPSS.

3. Análise dos resultados

Os custos de fazer P&D foram mensurados por meio do indicador relativo ao fato de o custo de aquisição e manutenção de máquinas e equipamentos para P&D no país da subsidiária ser inferior ao mesmo custo na matriz (CAME), ao fato de o custo de remuneração da equipe local (especialistas) de P&D ser inferior ao custo da matriz (CREL), e ao fato de o custo de obtenção de insumos para P&D no país da subsidiária ser inferior ao mesmo custo no país da matriz (COIN).

Sobre a questão do fato de o custo de aquisição e manutenção de máquinas e equipamentos para P&D no país da subsidiária ser inferior ao mesmo custo na matriz (CAME), a análise das entrevistas realizadas junto aos especialistas da área de P&D das subsidiárias de multinacionais instaladas no Brasil apresentou um panorama favorável a este indicador no sentido de influenciar o grau de complexidade tecnológica das atividades de P&D, não sendo, no entanto, um parâmetro único de decisão. Na análise descritiva da pesquisa quantitativa o mesmo panorama foi verificado, quando foi observado que 64% (sessenta e quatro por cento) dos respondentes concordavam (totalmente, muito ou pouco) com a importância desse fator, e, de outra forma, 36% (trinta e seis por cento) dos respondentes discordavam dessa assertiva (totalmente, muito ou pouco).

Verificando ainda este indicador (CAME) e, analisando-o sob a ótica do grau de complexidade tecnológica de cada subsidiária, observou-se que nas unidades de P&D com o grau 1 (menor nível de complexidade tecnológica), os gestores concordavam (totalmente, muito ou pouco) em 73% (setenta e três por cento) dos casos, e discordavam (totalmente ou pouco) em 27% (vinte e sete por cento) dos casos. Já nas unidades de P&D de grau 2 (dois) o percentual de concordância (totalmente ou pouco) era de 75% (setenta e cinco por cento), e discordavam (pouco) em 25% (vinte e cinco por cento) dos casos. Nas unidades de grau 3 (três), o percentual de concordância (totalmente, muito ou pouco) era de 80% (oitenta por cento), e de discordância (pouco) era de 20% (vinte por cento) dos casos. No caso das unidades de P&D de grau 4 (quatro), o percentual de concordância (totalmente, muito ou pouco) era de 58% (cinquenta e oito por cento), e discordavam (totalmente, muito ou pouco) em 48 % (quarenta e oito por cento) dos casos. Nas unidades de grau 5 (cinco) o percentual de concordância (totalmente, muito ou pouco) era de 54% (cinquenta e quatro por cento), e de discordância (totalmente, muito ou pouco) era de 46 % (quarenta e seis por cento). E no maior grau (seis) o percentual de concordância (totalmente, muito ou pouco) era de 64% (sessenta e quatro por cento), e de discordância (totalmente ou muito, em proporções iguais) era de 36% (trinta e seis por cento).

Assim, em todos os casos observados havia uma predominância de opiniões dos gestores no sentido de concordar com o fato de que o referido indicador contribuía para a decisão de aumentar o grau em que a matriz delega para a sua subsidiária maiores níveis de complexidade tecnológica das suas atividades de P&D.

Figueiredo (2011) comenta que há a necessidade de se ter cuidado com esse tipo de indicador (máquinas e equipamentos), pois a mera aquisição desses ativos não oferece a certeza de que os mesmos tenham relação direta com a geração de tecnologias e produtos inovadores.

No que se referia ao fato de o custo de remuneração da equipe local (especialistas) de P&D ser inferior ao custo da matriz (CREL), a análise das entrevistas com os especialistas demonstrou que esse indicador era considerado relevante para o grau de complexidade tecnológica das atividades de P&D, de forma complementar, o que foi corroborado na análise descritiva da pesquisa quantitativa, quando foi observado que 57% (cinquenta e sete por cento) dos respondentes concordavam (totalmente, muito ou pouco) com a importância deste fator, e, de outra forma, 43% (quarenta e três por cento) dos respondentes discordavam dessa assertiva (totalmente, muito ou pouco).

Verificando ainda este indicador (CREL) e, analisando-o sob a ótica do grau de complexidade tecnológica de cada subsidiária, observou-se que nas unidades de P&D com o grau 1 (menor nível de complexidade tecnológica), os gestores concordavam (totalmente, muito ou pouco) em 59% (cinquenta e nove por cento) dos casos, e discordavam (totalmente, muito ou pouco) em 41% (quarenta e um por cento) dos casos. Já nas unidades de P&D de grau 2 (dois) o percentual de concordância (totalmente, muito ou pouco) era de 62% (sessenta e dois por cento), e discordavam (pouco) em 38% (trinta e oito por cento) dos casos. Nas unidades de grau 3 (três), o percentual de concordância (totalmente, muito ou pouco) era de 60% (sessenta por cento), e de discordância (muito ou pouco) era de 40% (quarenta por cento). No caso das unidades de P&D de grau 4 (quatro), o percentual de concordância (totalmente, muito ou pouco) era de 66% (sessenta e seis por cento), e discordavam (muito ou pouco, em proporções iguais) em 34 % (trinta e quatro por cento) dos casos. Nas unidades de grau 5 (cinco) o percentual de concordância (totalmente, muito ou pouco) era de 54% (cinquenta e quatro por cento), e de discordância (totalmente, muito ou pouco) era de 46 % (quarenta e seis por cento). E no maior grau (seis) o percentual de concordância (totalmente, muito ou pouco) era de 45% (quarenta e cinco por cento), e de discordância (totalmente, muito ou pouco) era de 55% (cinquenta e cinco por cento).

Assim, na maioria dos casos observados havia uma predominância de opiniões dos gestores no sentido de concordar com o fato de que o referido indicador contribuía para a decisão de aumentar o grau em que a matriz delega para a sua subsidiária maiores níveis de complexidade tecnológica das suas atividades de P&D. Curiosamente, nas unidades que desenvolviam o maior grau de complexidade tecnológica, ou seja, naquelas que realizavam pesquisa básica, a maioria dos gestores não concordavam com a importância do referido indicador.

Em relação ao fato de o custo de obtenção de insumos para P&D no país da subsidiária ser inferior ao mesmo custo no país da matriz (COIN), a análise das entrevistas realizadas junto aos especialistas demonstrou que não havia um consenso sobre esta questão, ou seja, as opiniões ficaram divididas entre a relevância ou não da influência deste fator no grau de complexidade tecnológica das atividades de P&D das subsidiárias.

Figueiredo (2011) critica a utilização de estatísticas de P&D relacionadas aos gastos e aos custos dos insumos ou entradas para P&D, no sentido de que esses gastos são computados no valor da moeda corrente dos países, o que pode comprometer o processo de comparação dos

dados na análise entre aqueles mercados.

Na análise descritiva da pesquisa quantitativa a maioria dos respondentes concordava, mesmo que parcialmente, com a relevância do indicador, quando foi observado que 64% (sessenta e quatro por cento) dos respondentes concordavam (totalmente, muito ou pouco) com a importância do referido indicador, e, de outra forma, 36% (trinta e seis por cento) dos respondentes discordavam dessa assertiva (totalmente, muito ou pouco).

Verificando ainda este indicador (COIN) e, analisando-o sob a ótica do grau de complexidade tecnológica de cada subsidiária, observou-se que nas unidades de P&D com o grau 1 (menor nível de complexidade tecnológica), os gestores concordavam (totalmente, muito ou pouco) em 64% (sessenta e quatro por cento) dos casos, e discordavam (totalmente, muito ou pouco) em 36% (trinta e seis por cento) dos casos. Já nas unidades de P&D de grau 2 (dois) o percentual de concordância (totalmente, muito ou pouco) era de 75% (setenta e cinco por cento), e discordavam (pouco) em 25% (vinte e cinco por cento) dos casos. Nas unidades de grau 3 (três), o percentual de concordância (totalmente, muito ou pouco) era de 69% (sessenta e nove por cento), e de discordância (pouco) era de 31% (trinta e um por cento). No caso das unidades de P&D de grau 4 (quatro), o percentual de concordância (totalmente, muito ou pouco) era de 63% (sessenta e três por cento), e discordância (muito ou pouco) em 37 % (trinta e sete por cento) dos casos. Nas unidades de grau 5 (cinco) o percentual de concordância (totalmente, muito ou pouco) era de 61% (sessenta e um por cento) dos casos, e de discordância (totalmente ou pouco) era de 39 % (trinta e nove por cento) dos casos. E no maior grau (seis) o percentual de concordância (totalmente, muito ou pouco) era de 64% (sessenta e quatro por cento), e de discordância (totalmente ou muito) era de 36% (trinta e seis por cento) dos casos.

Assim, em todos os casos observados havia uma predominância de opiniões dos gestores no sentido de concordar com o fato de que o referido indicador contribuía para a decisão de aumentar o grau em que a matriz delega para a sua subsidiária maiores níveis de complexidade tecnológica das suas atividades de P&D.

Tais resultados estavam de acordo com a importância atribuída por Galina et al. (2013) na avaliação dos fatores mais relevantes para o desenvolvimento das atividades de P&D no Brasil, quando, dentro dos aspectos ligados à área econômica, sobressaíam-se os custos de fazer P&D no país e os custos da mão de obra especializada na área.

O resultados, também, evidenciam os critérios utilizados por Vasconcellos et al. (2009), que

analisam o grau de complexidade tecnológica das atividades de uma unidade de P&D de uma subsidiária de multinacional norte-americana atuando no Brasil, considerando o custo dos recursos humanos na subsidiária em comparação com a matriz, o custo dos recursos humanos no país da subsidiária em comparação com o mesmo custo no país da matriz e o custo de equipamento de P&D em tecnologias estratégicas.

Chiesa et al. (2009), ao explorar a interação entre medidas objetivas, dimensões de desempenho e fatores contextuais, quando da análise da mensuração do desempenho de P&D, também dão ênfase à utilização de indicadores relativos ao custo total de cada projeto de P&D, ao gasto anual de P&D, ao custo ou percentual de redução de custo advindos de novos projetos, ao custo para adquirir uma nova tecnologia, ao percentual das despesas de P&D que levam a novos produtos ou melhoria de produtos ou processos.

Ambos e Ambos (2009) consideram que as decisões de localização das atividades de P&D no exterior por parte das multinacionais, com base no fator custo, ainda permanecem controversas e comentam que pesquisa empírica realizada junto a profissionais de P&D revelam que o custo de mão de obra não era o primeiro critério para decisões daquela natureza.

Também, Makumbe et al. (2009), discutindo as vantagens de localização em desenvolvimento de produtos globais, investigando junto a executivos encarregados em desenvolvimento de produtos, mais especificamente, sistemas eletromecânicos complexos, não encontraram evidências empíricas favoráveis acerca do efeito da diminuição dos custos do trabalho no aumento do desenvolvimento de produtos no país.

4. Considerações finais

Esta investigação analisou a relação entre os fatores ligados aos custos de fazer P&D em subsidiárias de empresas multinacionais estabelecidas no Brasil com os mesmos custos nas suas respectivas matrizes.

A variável em questão foi mensurada por meio de três indicadores: o fato de o custo de aquisição e manutenção de máquinas e equipamentos para P&D no país da subsidiária ser inferior ao mesmo custo na matriz (CAME), o fato de o custo de remuneração da equipe local (especialistas) de P&D ser inferior ao custo da matriz (CREL), e o fato de o custo de obtenção de insumos para P&D no país da subsidiária ser inferior ao mesmo custo no país da matriz

(COIN).

De uma forma geral os indicadores demonstraram que o fator custo tem influência sobre a tomada de decisão sobre o grau de complexidade tecnológica atribuído pela matriz à respectiva subsidiária, não se constituindo como fator predominante na referida análise, o que demandaria a necessidade de verificar a temática adicionando-se outras questões também relevantes, como mercado, capacidade tecnológica, etc.

Como sugestão para pesquisas futuras, poderia ser feita uma análise qualitativa e quantitativa envolvendo não somente indicadores e variáveis relacionadas aos custos de fazer P&D, mas, também envolvendo nível de pessoal de P&D, intensidade das atividades de P&D, e análises mais aprofundadas de mercado.

REFERÊNCIAS

AMBOS, BJORN; AMBOS, TINA C. Location choice, management and performance of international R&D investments in peripheral economies. *International Journal of Technology Management*, v. 48, n. 1, p. 24-41, 2009.

BABKIN, A. V.; LIPATNIKOV, V. S.; MURAVEVA, S. V. Assessing the Impact of Innovation Strategies and R&D Costs on the Performance of IT Companies. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, v. 207, p. 749-758, 2015.

BOEHE, D. M. Os papéis de subsidiárias brasileiras na estratégia de inovação de empresas multinacionais estrangeiras. *Revista de Administração*, São Paulo, v. 42, n. 1, p. 5-18, jan./mar.2007.

BELL, MARTIN; PAVITT, KEITH. The development of technological capabilities. *Trade, technology and international competitiveness*, v. 22, p. 69-101, 1995.

BROWN, SHONA L.; EISENHARDT, KATHLEEN M. Product development: Past research, present findings, and future directions. *Academy of Management Review*, v. 20, n. 2, p. 343-378, 1995.

CHIESA, VITTORIO et al. Performance measurement in R&D: exploring the interplay between measurement objectives, dimensions of performance and contextual factors. *R&D Management*, v. 39, n. 5, p. 487-519, 2009.

COLOVIC, ANA. Attractiveness of territories for R&D localisation. In: DRUID Summer Conference «Appropriability, proximity, routines and innovation», Copenhagen, Denmark. 2007. p. 1-35.

FIGUEIREDO, PAULO N. Acumulação tecnológica e inovação industrial: conceitos, mensuração e evidências no Brasil. *São Paulo em perspectiva*, v. 19, n. 1, p. 54-69, 2005.
_____. *Gestão da inovação: conceitos, métricas e experiências de empresas no Brasil*. Livros Técnicos e Científicos, 2011.

GALINA, S.; CONSONI, F.; CAMILLO, E. R&D investments in an emerging economy: An analysis on driving forces versus type of R&D in Brazil. In: XV Congress of Latin-Iberoamerican Association of Technology Management, ALTEC. 2013.

GOMES, ROGÉRIO. O papel das subsidiárias e a internacionalização das atividades tecnológicas pelas empresas transnacionais (ETNs). *Revista Gestão & Produção*, v. 10, n. 3, p. 267-282, 2003.

GIL, ANTÔNIO CARLOS. Métodos e técnicas de pesquisa social. In: *Métodos e técnicas de pesquisa social*. São Paulo: Atlas, 2010.

LALL, SANJAYA. Technological capabilities and industrialization. *World Development*, v. 20, n. 2, p. 165-186, 1992.

LEMI, ADUGNA. Internationalization of R&D: industry-level analysis of United States transnational corporations' affiliates in developing and developed countries. *Transnational Corporations-Journal of the United Nations Centre on Transnational Corpora*, v. 19, n. 1, p. 1, 2010.

LIKERT, RENSIS. A technique for the measurement of attitudes. Archives of psychology, 1932.

IWASA, TOMOKO; ODAGIRI, HIROYUKI. Overseas R&D, knowledge sourcing, and patenting: an empirical study of Japanese R&D investment in the US. Research Policy, v. 33, n. 5, p. 807-828, 2004.

MAKUMBE, PEDZI et al. Beyond cost: product complexity and the global product development location advantage. In: DS 58-3: Proceedings of ICED 09, the 17th International Conference on Engineering Design, Vol. 3, Design Organization and Management, Palo Alto, CA, USA, 24.-27.08. 2009.

MATTAR, FAUZE et al. Pesquisa de Marketing. 7. ed. Elsevier Brasil, 2014.

TAGGART, JAMES H. Autonomy and procedural justice: a framework for evaluating subsidiary strategy. Journal of International Business Studies, v. 28, n. 1, p. 51-76, 1997a.

_____. R&D complexity in UK subsidiaries of manufacturing multinational corporations. Technovation, v. 17, n. 2, p. 73-103, 1997b.

_____. Determinants of increasing R&D complexity in affiliates of manufacturing multinational corporations in the UK. R&D Management, v. 28, n. 2, p. 101-110, 1998.

TODO, YASUYUKI; SHIMIZUTANI, SATOSHI. Overseas R&D activities and home productivity growth: evidence from Japanese firm-level data. The journal of industrial economics, v. 56, n. 4, p. 752-777, 2008.

VASCONCELLOS, EDUARDO et al. Internationalization of R&D at 3M focusing on Wind Energy Business: Conceptual Model and Application. International Association for Management of Technology 2009, Proceedings, 2009.

VIDAL, LUDOVIC-ALEXANDRE; MARLE, FRANCK; BOCQUET, JEAN-CLAUDE. Measuring project complexity using the Analytic Hierarchy Process. International Journal of Project Management, v. 29, n. 6, p. 718-727, 2011.

WONGLIMPIYARAT, JARUNEE. Does complexity affect the speed of innovation?
Technovation, v. 25, n. 8, p. 865-882, 2005.

Capítulo 22

OTIMIZAÇÃO DE PORTFÓLIOS COM MÉTODO DOS POLINÔMIO CANÔNICOS CRUZADO E CLUSTERS

Pedro José Papandréa
Anderson Paulo de Paiva
Xueping Li
Rafael Coradi Leme
João Éderson Corrêa
Vinicius de Carvalho Paes

OTIMIZAÇÃO DE PORTFÓLIOS COM MÉTODO DOS POLINÔMIO CANÔNICOS CRUZADO E *CLUSTERS*

Pedro José Papandréa
Anderson Paulo de Paiva
Xueping Li
Rafael Coradi Leme
João Éderson Corrêa
Vinicius de Carvalho Paes

Resumo

A metodologia de engenharia chamada de polinômios canônicos ou projeto de experimentos de misturas, e projeto de misturas cruzado foi aplicada para otimizar portfólios de ativos financeiros. Aqui é apresentado também o método de aglutinação aplicado ao conceito de portfólio, a formação de *clusters*. Este trabalho foi motivado pela possibilidade de diminuir o número de execuções de experimentos com um grande número de variáveis, o que é aplicado em um novo tipo de estudo. Vinte e quatro diferentes ativos foram usados para as demonstrações e exemplos. Os resultados demonstraram é possível usar o experimento cruzado de mistura para agrupamentos de empresas e pode ser utilizado em qualquer quantidade de ativos. O portfólio ideal foi encontrado usando a função *desirability* como método de otimização. No final, novas propostas são mostradas para os estudos futuros. A comparação foi feita contra o modelo de portfólio com misturas simples sem *clusters*.

Palavras-chave: otimização de portfólios, experimento de mistura cruzado, ativos financeiros.

1. Introdução

Métodos de seleção de portfólios são amplamente estudados e desenvolvidos. Há diferentes formas de fazer essa seleção. Iniciando por Markowitz (1952) e passando por outros trabalhos depois dele, (Markowitz, 1959; Cass & Stiglitz, 1970; Amihud & Barnea, 1974; Mayers, 1974; Li & Ng, 2000; Costa & Paiva, 2002; Bertland & Asgharian, 2008; Chiarawongse *et al.*, 2012),

o que corrobora com a grande relevância deste tema. Da mesma maneira, projetos de experimentos (DOE) e em especial, método dos polinômios canônicos (MDE) têm sido usados para otimização de produtos e processos ao longo dos anos (Scheffé, 1958, 1963; Chan, 1988; Duineveld *et al.*, 1993; Eriksson *et al.*, 1998; Vieira & Dal Bello, 2006; Zhang & Wong, 2013). MDE é comumente aplicado nos campos de estudo da química e indústrias de alimentos. De Oliveira *et al.* (2011), utilizaram pela primeira vez estes modelos de otimização em mercados de energia elétrica.

Há uma importante restrição no MDE, o número de componentes na mistura. Quando o número de componentes aumenta, a quantidade de experimentos aumenta exponencialmente, sendo n^{k-1} na qual n é o número de experimentos ou pontos e k a quantidade de componentes. Isto torna claro que quando k aumenta, o número de experimentos eleva-se exponencialmente. Scheffé (1963) descreveu isso como q componentes compreendem 2^{q-1} pontos representando as misturas, sendo que consistem em todas as possibilidades de subconjuntos com q componentes, presentes em iguais proporções. Quando a simulação é utilizada na condução de experimentos, o número máximo de componentes é limitado pelos recursos computacionais disponíveis, como memória, processadores. A proposta é aplicar experimentos cruzados de mistura (Piepel, 1999) para resolver também esta questão e melhorar a robustez das funções do portfólio. O estudo de caso se utiliza como objeto de ativos da Nasdaq-EUA e BMF&Bovespa-Brasil para demonstrar a eficiência da proposta.

2. Literatura

Esta sessão tem como objetivo apresentar conceitos que darão embasamento ao trabalho apresentado. Iniciando projeto de experimentos de mistura cruzado (CM-DOE), passando por projeto de experimentos (DOE), projeto de experimentos de misturas (MDE), portfólio e seleção de portfólio por polinômios canônicos.

2.1. Projeto de experimentos de mistura cruzado

Experimentos são os métodos mais eficientes para novos descobrimentos. Eles são um de várias estratégias de pesquisa. São baseadas em inferências sobre o meio ambiente para tornar possível o estudo de como objetos de estudo reagem a diferentes estímulos, descobrindo assim como

eles funcionam (Kennedy & Bush, 1985). Há várias alternativas para se proceder, e.g., observação passiva – quando o cientista assiste o processo esperando que algo interessante aconteça. Este método oferece grandes massas de dados, mas esses dados são difíceis de identificar qual informação é realmente relevante para o objeto problema da pesquisa. Por outro lado, métodos de experimentação adaptam os dados a problemas específicos. Isto significa que experimentos demandam menos esforços e provêm menos dados irrelevantes (Andersson, 2012). A grande diferença é que o observador investiga apenas estados preexistentes enquanto que o experimentador altera o estado e investiga os resultados das alterações.

CM-DOE foi introduzido pela combinação de dois tipos diferentes de misturas para criar uma região de interesse como uma terceira mistura (Cornell, 1971) e depois como experimento de mistura de dois estágios (Cornell & Ramsey, 1997). Este é também conhecido como projeto de mistura de mistura (MoM) (Piepel, 1999; Borges *et al.*, 2007; Di Zio *et al.*, 2007; Kang *et al.*, 2011). É um tipo de experimento usado para otimizar produtos, principalmente quando há muitas restrições nas proporções dos componentes das misturas (Kang *et al.*, 2011).

Cornell & Ramsey (1997) dividiram os componentes em duas categorias, os componentes principais e os menores. Os componentes principais são o primeiro estágio, mais elevado da mistura e os componentes menores são as outras fases mais baixas ou subgrupos. Quando pensamos na inclusão de variáveis de processo no projeto de mistura é possível visualizar algumas equações mostradas em Cornell (1971) define a função linear para os componentes da mistura com variáveis de processo como sendo w_i ($1 \leq i \leq k - q$). Os w_i 's correspondem aos x_i em uma categoria particular contendo n_l componentes definidos como (1).

$$w_i = \frac{v_{S_l+i+1} \left(\sum_{j=1}^i h_{S_l+j}^2 \right) - \left[\sum_{j=1}^i v_{S_l+j} h_{S_l+j} \right] h_{S_l+i+1}}{\left[\left(\sum_{j=1}^i h_{S_l+j}^2 \right) \left(\sum_{j=1}^{i+1} h_{S_l+j}^2 \right) \right]^{0.5}} \quad (i = 1, \dots, n_l - 1) \quad (1)$$

Há um modelo de DOE que combina polinômios canônicos com variáveis de processo. Cornell (2002) descreveu este tipo de modelo como um arranjo *simplex-lattice* com fatorial. No caso dele, havia um polinômio com q componentes mais n variáveis de processo, sendo esta segunda qualquer número inteiro positivo n .

2.2. Método dos polinômios canônicos

O método dos polinômios canônicos ou experimentos de mistura são aqueles cujos fatores são componentes ou ingredientes de uma mistura (Draper & Pukelsheim, 1999; Gozávez-Zafrilla *et al.*, 2013), i.e., diferentes proporções de qualquer componente podem modificar as características do produto, ou objeto de análise. Eles dependem das proporções dos componentes e não do total da mistura (Scheffé, 1958). Isto significa que as proporções de cada componente ou de cada ingrediente são mais importantes do que a quantidade final do objeto em estudo.

O projeto de misturas possui uma restrição particular que precisa ser considerada. A soma das proporções precisa ser igual a um. Em outras palavras, a soma deve ser igual a cem por cento. Isto distingue-o dos outros métodos porque os fatores controláveis, aqueles que podem ser modificados a qualquer tempo pelo pesquisador, representam as proporções dos componentes da mistura. As proporções, neste caso, são não negativas (Cornell, 2002). Em caso de investimentos do tipo *short sale* (venda a descoberto), o modelo pode aceitar proporções negativas.

Considerando cada proporção da mistura como um fator peso w_i para q componentes, tem-se (2).

$$w_i \geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, q \quad (2a)$$

$$\sum_{i=1}^q w_i = w_1 + w_2 + \dots + w_q = 1.0 \quad (2b)$$

$$\sum_{i=1}^q w_i = 1.0 \quad (2c)$$

Um importante método para resolver o problema de otimização de misturas é a superfície de resposta. Ele assume que existe uma função de relacionamento entre os componentes e que podem ser descritos graficamente como uma superfície (Cornell, 2011a), veja em (3) que η denota o valor da resposta e que é dependente de x_1, x_2, \dots, x_q .

$$\eta = \varphi(x_1, x_2, \dots, x_q) \quad (3)$$

Aplicando a aproximação por série de Taylor no polinômio de grau um, tem-se (4) (Wolfinger & Lin, 1997).

$$\eta = \beta_0 + \sum_{i=1}^q \beta_i x_i \quad (4a)$$

E no polinômio de grau dois:

$$\eta = \beta_0 + \sum_{i=1}^q \beta_i x_i + \sum_{i \leq j}^q \sum_{i \leq j}^q \beta_{ij} x_i x_j \quad (4b)$$

A área no interior do desenho pode ser restringida bem. Acontece possível usar restrições para cada componente, conforme necessário. O ponto central é que a proporção é um dividido por o número de componentes $w_i = 1/n$.

Há um grande número de aplicações de MDE. Alguns dos que podem ser listadas começando Scheffé (1958), passando por Scheffé (1963) usando baricentro ou ponto central. Brandvik & Daling (1998) em uma otimização no desenvolvimento de produtos. Mage & Naes (2005) usando MDE com variáveis de processo ou projeto fatorial.

Há também vários trabalhos utilizando o conceito original de MDE, i.e., usando MDE a análise e otimização das proporções dos ingredientes num produto (Mazaheri Tehrani *et al.*, 2012; Lonni *et al.*, 2012; Ngun *et al.*, 2014) com ou sem restrições.

2.3. Seleção de portfólio

Harry Markowitz introduziu o modelo chamado de seleção de portfólio (Markowitz, 1952). A otimização de seleção de portfólios ou de portfólio é uma ferramenta econométrica para ajudar o investidor a decidir o quanto de sua riqueza colocar em cada investimento. No nosso caso, o tipo de investimento é o trunfo do mercado Stock Exchange. Ele também pode ser aplicado em diferentes tipos de investimentos (Amihud & Barnea, 1974; Mayers, 1974; Trippi, 1989; Better & Glover, 2006; Delarue *et al.*, 2011).

Quando chamamos portfólio, é provável que se lembrar de um cesto cheio de ovos. Se a cesta cai, perdemos todos os ovos. Mas dividindo a mesma quantidade de ovos em cestas diferentes, o risco de perder diminuirá. A isto chamamos de diversificação. O risco pode ser definido em termos de alterações nos valores entre duas datas (Artzner *et al.*, 1999). Pode considerar-se na

maioria dos casos, a variância dos retornos em um período conhecido. O investidor sempre quer mais retorno do que menos retorno, menos risco do que mais riscos. A oportunidade na seleção portfólio é equilibrar essas duas metas inversos, retorno e risco. Markowitz (1952) provou que a escolha de um nível de retorno, o risco do investimento usando a teoria do portfólio pode ser inferior a escolher apenas um investimento. Ele também lembrar-nos sobre um fator importante para a decisão marca, o *know-how* do investidor. Se um dos investidores diversifica entre dois portfólios, a variância ou o risco de o composto resultado será menor do que a variação de qualquer um portfólio original. Se, e somente se, os dois portfólios são perfeitamente correlacionados, a variância será não diminui, mas em qualquer outro caso, será aumentada.

Usando seu trabalho, vamos explicar matematicamente como o portfólio é usado. Suponha que exista r ativos com $r_i, (i = 1, 2, \dots, n)$ o retorno de cada um separadamente e r_p é o retorno do portfólio. Como o portfólio é composto por vários ativos, considere então w_i como o peso de cada um no portfólio. Isto pode ser resumido em (5) e o risco em termos de variância em (6), na qual Σ é a matriz de covariância com sua diagonal principal composta por a variação de cada ativo. Com estas equações é possível calcular a fronteira eficiente. É uma fronteira de Pareto que significa que cada ponto ao longo da fronteira é o portfólio ideal com retorno e risco relacionados.

$$\begin{aligned} r_p &= w_i \cdot x_i \\ r_p &= \mathbf{w}^T \cdot \mathbf{r} \end{aligned} \quad (5)$$

$$\sigma_p^2 = \mathbf{w}^T \Sigma \mathbf{w} \quad (6)$$

Existem algumas condições que devem ser satisfeitas para virar prática da fronteira eficiente (7) (Markowitz, 1959).

$$E = \sum_{i=1}^n X_i \mu_i \quad (7a)$$

$$\sigma_p^2 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n X_i X_j \sigma_{ij} \quad (7b)$$

$$\sum_{i=1}^n X_i = 1.0 \quad (7c)$$

$$X_i \geq 0 \quad \text{for} \quad i = 1, 2, \dots, q \quad (7d)$$

Note que o X_i é o peso aplicado em cada ativo no portfólio. Este pode ser relacionado agora a (2c) a qual w_i é o peso. Este é o primeiro relacionamento entre MDE e portfólio.

Para resolver este problema, a otimização pode ser feita de várias formas, e.g., a linha isomédia (Markowitz, 1952), média-Gini de Shalit & Yitzhaki (1984), método analítico de Li & Ng (2000), regra de minimax de Yu *et al.* (2005), função *desirability* De Oliveira *et al.* (2011), algoritmos de inteligência híbrida de Zhang *et al.* (2012) entre outros. O método de otimização é uma escolha do analista, mas em todos os casos, o objetivo é o mesmo, com um rendimento máximo com a menor risco com ele relacionado.

2.4. Polinômios canônicos na seleção de portfólios

Após as explicações anteriores, podemos começar a melhorar o conhecimento sobre MDE aplicado no portfólio e depois de que a partir do conteúdo da proposta. A primeira aplicação do MDE para seleção de portfólios estava com (De Oliveira *et al.*, 2011). Depois disso, este método ainda um campo inexplorado. Lembrando o (2) e (7). É claro que, eles estão relacionados, ou podemos considerá-lo como o mesmo. Podemos usar as propriedades do MDE para gerar as matrizes para a otimização de portfólios. Esta metodologia tem as abordagens: pequeno esforço computacional; simples análise de resposta; a possibilidade de utilizar a função *desirability* multi-objetivo; inclusão de aversão ao risco no modelo; possibilidade de inclusão de variáveis de processo no portfólio. Usando um exemplo de dois ativos com os rendimentos e os riscos apresentados na Tabela 1, a concepção mistura com 0,2 resolução e considerando um coeficiente de correlação de 0,5 (que a resolução pode ser aumentada usando, por exemplo 0,01) é apresentada na Tabela 2. Neste caso, usando a (5) e (6), as matrizes de retorno do portfólio e risco serão apresentadas na Tabela 2.

Tabela 1 - Exemplo dois ativos

	Ativo 1	Ativo 2
μ	0.1507	0.1589
σ^2	0.0367	0.0514
σ	0.1916	0.2242

Tabela 2 - Mistura, retornos esperados e os riscos do exemplo portfólio

w_1	w_2	Retorno	Risco
0.000	1.000	0.159	0.227
0.200	0.800	0.157	0.203
0.400	0.600	0.156	0.187
0.600	0.400	0.154	0.179
0.800	0.200	0.152	0.180
1.000	0.000	0.151	0.192

Acontece possível entender o conceito de MDE aplicado a seleção de portfólios. Usando a função de conveniência é possível para encontrar a melhor relação entre os objetivos: o máximo de retorno e risco mínimo.

3. Arranjo de mistura cruzado na otimização de portfólios

A pesquisa foi realizada de maneira exploratória para a coleta de dados e estudo de caso aplicando o metodolo-gia proposta e analisar os resultados. Como visto, a correlação entre os assuntos ativos. É importante entender como os critérios para a escolha de cada ativo de cada portfólio menor antes começar a proposta método. Considerando-se um exemplo de uma portfólio de três ativos cada, a mistura pode ser escrita como na Tabela 3. Agora, como exemplo, podemos descrever a matriz e as equações de três portfólios de três ativos de cada um. Cada componente da mistura será de outra mistura com os componentes secundários γ_n (8).

w_1	w_2	w_3	E	σ_p^2
1.0	0.0	0.0	R_{p1}	S_{p1}
0.0	1.0	0.0	R_{p2}	S_{p2}
0.0	0.0	1.0	R_{p3}	S_{p3}
0.5	0.5	0.0	R_{p4}	S_{p4}
0.0	0.5	0.5	R_{p5}	S_{p5}
0.5	0.0	0.5	R_{p6}	S_{p6}

Tabela 3 - Mistura um portfólio, três ativos

$$\gamma_1 = \begin{bmatrix} 1.0 & 0.0 & 0.0 \\ 0.0 & 1.0 & 0.0 \\ 0.0 & 0.0 & 1.0 \\ 0.5 & 0.5 & 0.0 \\ 0.0 & 0.5 & 0.5 \\ 0.5 & 0.0 & 0.5 \end{bmatrix} \quad \gamma_2 = \begin{bmatrix} 1.0 & 0.0 & 0.0 \\ 0.0 & 1.0 & 0.0 \\ 0.0 & 0.0 & 1.0 \\ 0.5 & 0.5 & 0.0 \\ 0.0 & 0.5 & 0.5 \\ 0.5 & 0.0 & 0.5 \end{bmatrix} \quad \gamma_3 = \begin{bmatrix} 1.0 & 0.0 & 0.0 \\ 0.0 & 1.0 & 0.0 \\ 0.0 & 0.0 & 1.0 \\ 0.5 & 0.5 & 0.0 \\ 0.0 & 0.5 & 0.5 \\ 0.5 & 0.0 & 0.5 \end{bmatrix} \quad (8)$$

A nova matriz para os principais componentes da mistura será Tabela 4. O retorno (média) e risco (variância) do portfólio cruzado pode ser estimada utilizando a (9).

$$E_{\theta} = \sum_{i=1}^n w_i \cdot \gamma_i^T \quad (9a)$$

$$\sigma_p^2 = \sum_{i=1}^n w_i^2 (\gamma_i^T)^2 \sigma_{w\gamma} \quad (9b)$$

$$\sum_{i=1}^n w_i = \rho = \text{número de portfólios ou clusters} \quad (9c)$$

$$w_i \geq 0 \quad \text{for } i = 1, 2, \dots, q \quad (9d)$$

Tabela 4 - Mistura três portfólios, três ativos

w_1	w_2	w_3	E	σ_p^2
γ_{11}	γ_{12}	γ_{13}	θ_1	ϕ_1
γ_{21}	γ_{22}	γ_{23}	θ_2	ϕ_2
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots
γ_{n1}	γ_{n2}	γ_{n3}	θ_n	ϕ_n

3.1. A correlação no portfólio

A correlação r_{xy} (Newbold *et al.*, 2012) descreve a relação entre duas variáveis aleatórias, (10). Ele será dimensionado de -1,0, passando para 0,0, para +1,0. Com um coeficiente de correlação de +1,0 essa variável X vontade tem a relação linear positiva perfeita para outro Y . O coeficiente de correlação de 0,0 indica que as duas variáveis não têm qualquer relação. Finalmente, o coeficiente de correlação de -1,0 indica que a relação entre X e Y é linear perfeitamente negativo.

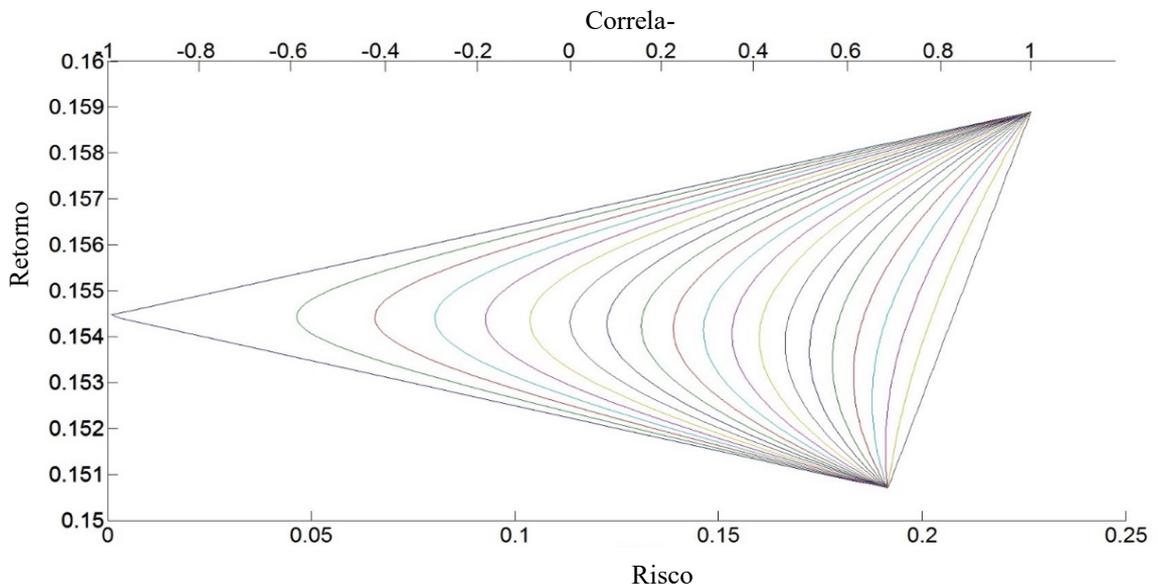
$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}) \cdot (y_i - \bar{y})}{n-1} \div \left(\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \right) \cdot \left(\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n-1}} \right) \quad (10)$$

Em outras palavras, uma correlação de 1,0 indica que quando a variável X aumenta, a variável Y aumenta na mesma proporção, ou no mesmo sentido. Quando a correlação é -1,0 e as variáveis X aumenta, a variável Y irá DE-vincos na mesma proporção. Vamos dar os dados da Tabela 1, utilizando um design mistura com 0,2 de resolução para associar o portfólio e correlação. O risco de os portfólios possíveis para essa configuração é mostrado na Tabela 5 e Fig. 1. Os ativos que irão compor cada cluster no design mistura cruzou aqui apresentados serão aqueles que a correlação é maior negativo.

Tabela 5 - Efeito da correlação no risco

Correlação		-1.000	-0.750	-0.500	-0.250	0.000	0.250	0.500	0.750	1.000
w ₁	w ₂	Risco								
0.000	1.000	0.227	0.227	0.227	0.227	0.227	0.227	0.227	0.227	0.227
0.200	0.800	0.143	0.155	0.166	0.176	0.185	0.195	0.203	0.212	0.220
0.400	0.600	0.059	0.094	0.118	0.138	0.156	0.172	0.187	0.200	0.213
0.600	0.400	0.024	0.076	0.105	0.127	0.146	0.163	0.179	0.193	0.206
0.800	0.200	0.108	0.123	0.136	0.149	0.160	0.170	0.180	0.190	0.199
1.000	0.000	0.192	0.192	0.192	0.192	0.192	0.192	0.192	0.192	0.192

Figura 1 - Efeito da correlação no risco



3.2. Aplicação numérica

O MDE suporta limitações individuais e globais. Considerando-se a resolução da mistura como V , η qualquer número natural inteiro, Ψ o máximo valor da mistura e n o número de ativos por *cluster* ou portfólio da mistura global. Quando V diminui, o número de execuções no experimento aumenta (na Tabela 1 é possível ver isso), $V = 0.5$ e $n = 3$ (11).

$$V = \eta_i \cdot \Pi_{\eta_1} \cdot V = \Psi \quad e \quad \Pi_{\eta_2} \cdot V = n \quad (11)$$

Veja em Cornell (2011b), cada componente pode ser constrangido no nível inferior, superior ou em ambos os lados generalizados em (13). Isso significa que o investidor, pode escolher o intervalo da proporção de investir em um ou mais ativos, ou portfólios.

$$\begin{aligned} 0.55 &\leq c_{11} \leq 0.80 \\ 0.30 &\leq c_{12} \leq 0.50 \\ 0.10 &\leq c_{13} \leq 0.40 \end{aligned} \quad (12)$$

$$0 \leq L_i \leq x_i \leq U_i \leq 1.0, \quad 1 < i < q \quad (13)$$

Os dados foram coletados nos sites oficiais do Nasdaq-EUA e BM&FBovespa-BRA (Brasil). Ele inclui 115 meses entre Junho/2004 e Dezembro/2013, de valores de fechamento de 24 empresas aleatórios escolhidos (Tabela 6).

Tabela 6 - Códigos e nomes das empresas selecionadas

Nasdaq-EUA		BM&FBovespa-BRA	
Código	Nome	Código	Nome
AA	Alcoa	BBAS3	Bco Brasil
AAPL	Apple	BBDC4	Bco Bradesco
MSFT	Microsoft	AMBV3	AMBEV
F	Ford	GGBR4	Gerdau
HA	Hawaiian	POMO4	Marcopolo

K	Kellogg	ITUB4	Bco Itau
L	Loews	ALPA4	Alpargatas
M	Macy's	PETR3	Petrobras
RAD	Rite	PETR4	Petrobras
SA	Seabridge	USIM5	Usiminas
TAC	TransAlta	VALE3	Vale
UAM	Universal	VALE5	Vale

Os componentes das séries de dados são considerados determinista, porque de acordo Granger & Newbold (1977), em uma sequência temporal M_t na qual exista uma função de passado e futuro $g_t = g(M_{t-j}, j = 0, 1, \dots)$ tal que (14), significa que os dados são determinísticos.

$$E[(M_{t+j} - g_t)^2] = 0 \quad (14)$$

Ele também demonstra que, se a função g_t é uma função linear de $M_{t-j}, j \geq 0$, M_t será um fator determinístico linear. Usando dados determinísticos em experimentos simulados não vai levar o resultado a uma possível medida de um erro. Para resolver o problema de os dados determinísticos, foi escolhido o método de *bootstrap* visto em Efron (1979). *Bootstrap* é um método amplamente aplicável que torna possível ter algumas estimativas que seriam difíceis para obter através de outros métodos (Wehrens *et al.*, 2000). No essencial, é um conjunto de dados aleatoriamente re-amostrados usando substituição (Henderson, 2005). A estimativa do erro padrão para a média \bar{x} baseada em n pontos independentes dos dados x_1, x_2, \dots, x_n é dado por (15), na qual S^2 é a variância da amostra.

$$SSE = \sqrt{\frac{S^2}{n}} \quad (15)$$

Efron & Tibshirani (1994) mostra que o erro padrão do *bootstrap* é o desvio padrão da replicação. Em (16), onde $s(\cdot) = \sum_{b=1}^B s(x^{*b})/B$ com $s(x) = \bar{x}$.

$$\hat{\sigma}_{boot} = \left\{ \sum_{b=1}^B [s(x^{*b}) - s(\cdot)]^2 / (B - 1) \right\}^{\frac{1}{2}} \quad (16)$$

Para calcular o retorno μ e o risco σ^2 de cada ativo, foi aplicada a função \log (17), onde P_i é o mês atual P_{i-1} é o mês anterior.

$$r_i = \frac{\log(P_i)}{\log(P_{i-1})} \quad (17)$$

A equação problema a CM-DOE aplicada na otimização de portfólio pode ser escrita como uma função multiobjectivo em que o retorno deve ser maximizado e o risco deve ser minimizado (18).

$$\begin{aligned} \underset{E, \sigma_p^2}{\text{minimize}} \quad & -f(E) = \sum_{i=1}^n w_i \cdot \gamma_i^T \\ f(\sigma_p^2) = & \sum_{i=1}^n w_i^2 (\gamma_i^T)^2 \sigma_{w\gamma} \end{aligned} \quad (18)$$

sujeito a:

$$\sum_{i=1}^n w_i x_i = \rho$$

4. Resultados

Para demonstrar a proposta, vamos considerar três portfólios menores ou *clusters* com três ativos de cada um. O número de ativos por *cluster* não necessita ser o mesmo, estes podem ser diferentes em diferentes grupos. Os valores de γ_n na Tabela 7 são os montantes a investir em cada empresa de cada *cluster*.

Tabela 7 - Pesos individuais nos *clusters*

Cluster 1	γ_1	Cluster 2	γ_2	Cluster 3	γ_3
SA	-0.457	F	0.399	AAPL	-0.993
PETR4	0.439	TAC	-1.000	BBAS3	1.582
VALE5	1.019	USIM5	1.601	ALPA4	0.410

A Fig. 2 representa as fronteiras eficientes de um portfólio mistura cruzada de três clusters. A Fig. 3 mostra as fronteiras eficientes da proposta (CM-DOE) versus a fronteira eficiente usando MDE. Acontece possível ver que os dois modelos são semelhantes. A comparação final pode ser feita usando a Tabela 8, onde os resultados foram considerando quarenta simulações. Os valores mais próximos de 5% de retorno e, em seguida, seu risco relativo das simulações foram extraídos.

Tabela 8 - Finals return and risk

	CM-DOE	MDE
Retorno	0.051	0.052
Risco	0.034	0.047

Figura 2 - Fronteira eficientes multi-cluster

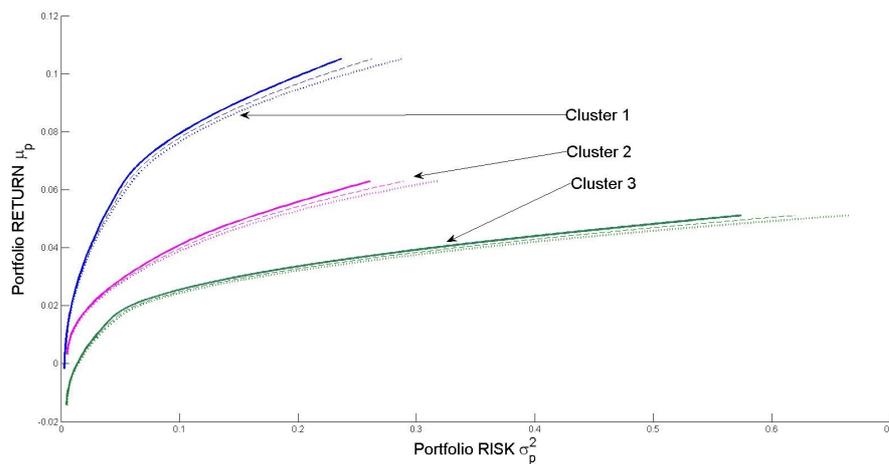
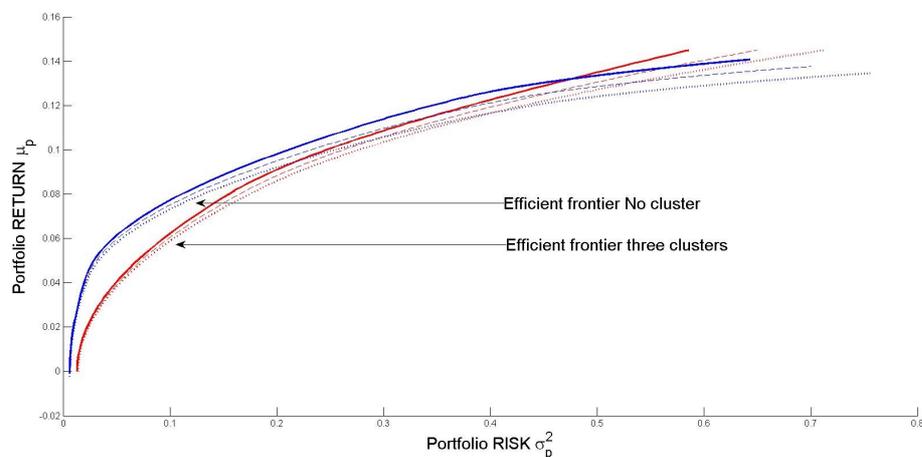


Figura 3 - Fronteira eficiente clusters (CM-DOE) x MDE



A correlação entre os grupos não foi considerada neste caso. Em seguida, fizemos outra comparação usando todas as vinte e quatro ativos em um portfólio composto por quatro grupos de seis ativos cada. A consideração final será o impacto da correlação quando se utiliza CM-DOE. Veja a Fig. 4 e 5. Como parece no caso anterior, a mesma ocorrer neste caso. As fronteiras eficientes são semelhantes, não considerando a correlação entre os clusters. O *cluster* pode ser usado também para escolher, em cada um dos ativos, aqueles que a correlação é fortemente negativa e, para o portfólio global, os *clusters* em que a correlação é também fortemente negativa.

Figura 4 - 24 ativos em 4 *cluster* de 6 ativos cada

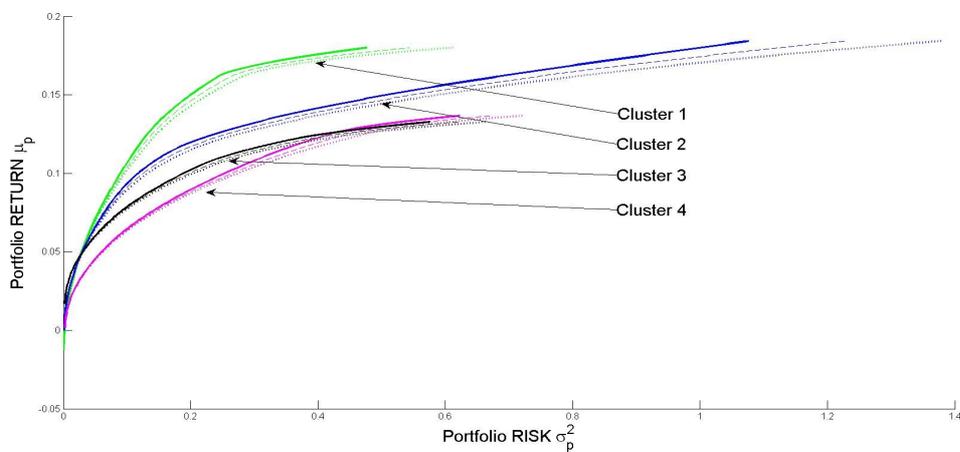
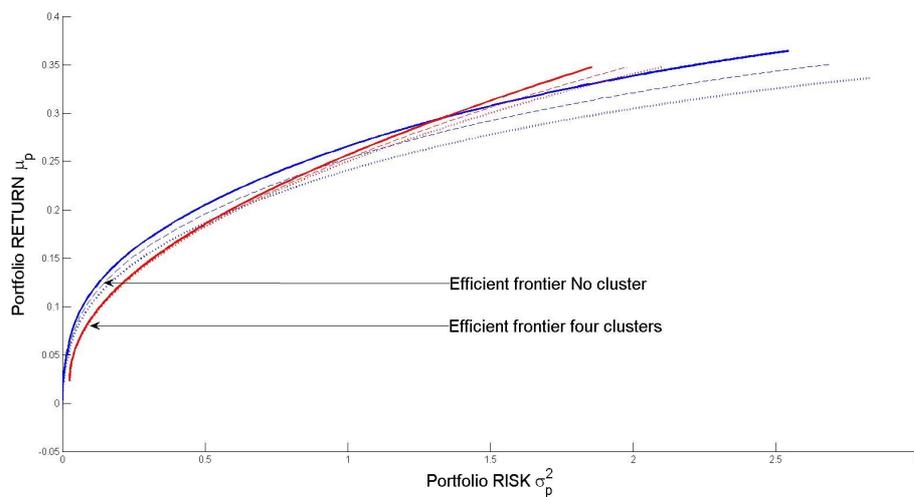


Figura 5 - 24 ativos MDE x 4 *clusters* CM-DOE



5. Conclusão

O projeto de experimentos de mistura cruzado (CM-DOE) pode ser aplicado a seleção de portfólios e na sua otimização. Isso leva a um resultado semelhante do método dos polinômios canônicos (MDE) apresentado por De Oliveira *et al.* (2011) e tem menos esforço computacional porque cada mistura terá menos execuções. Em um caso de $n = 3$ e $k = 24$, o total de possibilidades de execuções seria de $3^{23} = 94,143,178,827$. Diferentemente do caso de quatro clusters com $n = 3$ e $k = 6$ cada, o total de execuções seria de apenas $3^5 = 243 \times 4 = 972$ experimentos. Essa foi a principal melhoria da proposta.

A correlação em um *cluster* e entre os *clusters* são equivalentes à correlação entre os ativos escolhidos para compor os *clusters*. A melhor maneira de fazer esta escolha é usando o conhecimento do investidor sobre o mercado para assim selecionar os ativos para compor cada grupo e depois utilizar a correlação para escolher os *clusters* que irão compor o portfólio global.

Para estudos futuros, uma aplicação do CM-DOE na análise multi-período de portfólio e aplicação em produtos reais fora do mercado da Bolsa de Valores deve ser uma ferramenta importante para ajudar as empresas a economizar dinheiro. Nesses casos, o produto que tem muitos componentes e alguns dos seus componentes têm um preço elevado e o número muito grande de execuções será um fator decisivo para a escolha do uso de experimentos.

REFERÊNCIAS

AMIHUD, YAKOV, & BARNEA, AMIR. 1974. Portfolio selection for managerial control. *Omega*, 2(6), 775 783.

ANDERSSON, OIVIND. 2012. *Experiment!+: Planning, Implementing and Interpreting*. John Wiley & Sons.

ARTZNER, PHILIPPE, DELBAEN, FREDDY, EBER, JEAN-MARC, & HEATH, DAVID. 1999. Coherent measures of risk. *Mathematical Finance*, 9(3), 203 228.

BERTLAND, DANIEL, & ASGHARIAN, HOSSEIN. 2008. *The Perfect Portfolio*.

Better, Marco, & Glover, Fred. 2006. Selecting project portfolios by optimizing simulations. *The Engineering Economist*, 51(2), 81 97.

BORGES, CLEBER N, BRUNS, ROY E, ALMEIDA, ALINE A, & SCARMINIO, IEDA S. 2007. Mixture mixture design for the fingerprint optimization of chromatographic mobile phases and extraction solutions for *Camellia sinensis*. *Analytica chimica acta*, 595(1), 28 37.

BRANDVIK, PER JOHAN, & DALING, PER S. 1998. Optimisation of oil spill dispersant composition by mixture design and response surface methods. *Chemometrics and intelligent laboratory systems*, 42(1), 63 72.

CASS, DAVID, & STIGLITZ, JOSEPH E. 1970. The structure of investor preferences and asset returns, and separability in portfolio allocation: A contribution to the pure theory of mutual funds. *Journal of Economic Theory*, 2(2), 122 160.

CHAN, LING-YAU. 1988. Optimal design for a linear log contrast model for experiments with mixtures. *Journal of statistical planning and inference*, 20(1), 105 113.

CHIARAWONGSE, ANANT, KIATSUPAIBUL, SEKSAN, TIRAPAT, SUNTI, & ROY, BENJAMIN VAN. 2012. Portfolio selection with qualitative input. *Journal of Banking & Finance*, 36(2), 489 496.

CORNELL, JOHN. 2002. *Experiments with mixtures*. 28. New York: John Wiley & Sons, Inc.

CORNELL, JOHN A. 1971. Process variables in the mixture problem for categorized components. *Journal of the American Statistical Association*, 66(333), 42 48.

CORNELL, JOHN A. 2011a. *Experiments with mixtures: designs, models, and the analysis of mixture data*. Vol. 895. John Wiley & Sons.

CORNELL, JOHN A. 2011b. *Experiments with mixtures: designs, models, and the analysis of mixture data*. Vol. 895. John Wiley & Sons.

CORNELL, JOHN A, & RAMSEY, PHILLIP J. 1997. Modeling the component linear and nonlinear blending properties in a two-stage mixture experiment. *Nonlinear Analysis: Theory*,

Methods & Applications, 30(7), 4041 4050.

COSTA, OLV, & PAIVA, AC. 2002. Robust portfolio selection using linear-matrix inequalities. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 26(6), 889 909.

DE OLIVEIRA, FRANCISCO ALEXANDRE, DE PAIVA, ANDERSON PAULO, LIMA, JOSÉ WANDERLEY MARANGON, BALESTRASSI, PEDRO PAULO, & MENDES, RONÃ RINSTON AMAURY. 2011. Portfolio optimization using Mixture Design of Experiments: Scheduling trades within electricity markets. *Energy Economics*, 33(1), 24 32.

DELARUE, ERIK, DE JONGHE, CEDRIC, BELMANS, RONNIE, & D'HAESELEER, WILLIAM. 2011. Applying portfolio theory to the electricity sector: Energy versus power. *Energy Economics*, 33(1), 12 23.

DI ZIO, MARCO, GUARNERA, UGO, & ROCCI, ROBERTO. 2007. A mixture of mixture models for a classification problem: The unity measure error. *Computational statistics & data analysis*, 51(5), 2573 2585.

DRAPER, NORMAN R, & PUKELSHEIM, FRIEDRICH. 1999. Kiefer ordering of simplex designs for first-and second-degree mixture models. *Journal of statistical planning and inference*, 79(2), 325 348.

DUINEVELD, CAA, SMILDE, AK, & DOORNBOS, DA. 1993. Designs for mixture and process variables applied in Tabelat formulations. *Analytica chimica acta*, 277(2), 455 465.

EFRON, BRADLEY. 1979. Bootstrap methods: another look at the jackknife. *The annals of Statistics*, 1 26.

EFRON, BRADLEY, & TIBSHIRANI, ROBERT J. 1994. *An introduction to the bootstrap*. Vol. 57. CRC press.

ERIKSSON, LENNART, JOHANSSON, ERIK, & WIKSTR M, CONNY. 1998. Mixture design generation, PLS analysis, and model usage. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, 43(1), 1-24.

GOZÁLVEZ-ZAFRILLA, JM, SANTAFÉ-MOROS, A, & GARCÍA-DÍAZ, J CARLOS. 2013. Crossed mixture process design approach to model nano filtration rejection for non-dilute multi-ionic solutions in a given range of solution compositions. *Desalination*, 315, 61-69.

Granger, Clive William John, & Newbold, Paul. 1977. *Forecasting economic time series*. Economic Theory and Mathematical Economics (USA).

HENDERSON, A. RALPH. 2005. The bootstrap: a technique for data-driven statistics. Using computer-intensive analyses to explore experimental data. *Clinica Chimica Acta*, 359(1), 1-26.

Kang, Lulu, Roshan Joseph, V, & Brenneman, William A. 2011. Design and modeling strategies for mixture-of-mixtures experiments. *Technometrics*, 53(2), 125-136.

KENNEDY, JOHN J, & BUSH, ANDREW J. 1985. *An introduction to the design and analysis of experiments in behavioral research*. University Press of America.

LI, DUAN, & NG, WAN-LUNG. 2000. Optimal Dynamic Portfolio Selection: Multiperiod Mean-Variance Formulation. *Mathematical Finance*, 10(3), 387-406.

LONNI, AUDREY ALESANDRA STINGHEN GARCIA, LONGHINI, RENATA, LOPES, GISELY CRISTINY, DE MELLO, JOÃO CARLOS PALAZZO, & SCARMINIO, IEDA SPACINO. 2012. Statistical mixture design selective extraction of compounds with antioxidant activity and total polyphenol content from *Trichilia catigua*. *Analytica chimica acta*, 719, 57-60.

MAGE, INGRID, & NAES, TORMOD. 2005. Split-plot design for mixture experiments with process variables: A comparison of design strategies. *Chemometrics and intelligent laboratory systems*, 78(1), 81-95.

MARKOWITZ, HARRY. 1952. Portfolio selection*. *The journal of finance*, 7(1), 77-91.

MARKOWITZ, HARRY. 1959. Portfolio selection: efficient diversification of investments. New York.

MAYERS, DAVID. 1974. Portfolio theory, job choice and the equilibrium structure of expected wages. *Journal of Financial Economics*, 1(1), 23 42.

MAZAHERI TEHRANI, MOSTAFA, SAADATMAND TARZJAN, MAHDI, *et al.* 2012. Optimization of low-cholesterol-low-fat mayonnaise formulation: Effect of using soy milk and some stabilizer by a mixture design approach. *Food Hydrocolloids*, 28.

NEWBOLD, PAUL, CARLSON, WILLIAM, & THORNE, BETTY. 2012. *Statistics for Business and Economics*. Pearson Higher Ed.

NGUN, BUN KIM, MOHAMAD, HASMALIZA, KATSUMATA, KEN-ICHI, OKADA, KIYOSHI, & AHMAD, ZAINAL ARI N. 2014. Using design of mixture experiments to optimize triaxial ceramic tile compositions incorporating Cambodian clays. *Applied Clay Science*, 87, 97 107.

PIEPEL, GREG F. 1999. Modeling methods for mixture-of-mixtures experiments applied to a Tabetat formulation problem. *Pharmaceutical development and technology*, 4(4), 593 606.

SCHEFFÉ HENRY. 1958. Experiments with mixtures. *Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological)*, 344 360.

SCHEFFÉ, HENRY. 1963. The simplex-centroid design for experiments with mixtures. *Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological)*, 235 263.

SHALIT, HAIM, & YITZHAKI, SHLOMO. 1984. Mean-Gini, Portfolio Theory, and the Pricing of Risky Assets. *The Journal of Finance*, 39(5), 1449 1468.

TRIPPI, ROBERT R. 1989. A decision support system for real estate investment portfolio management. *Information & Management*, 16(1), 47 54.

VIEIRA, ANTONIO FERNANDO DE CASTRO, & DAL BELLO, LUIZ HENRIQUE ABREU. 2006. Experimentos com mistura para otimização de processos: uma aplicação com respostas não normais. *Pesquisa Operacional*, 26(3), 605-623.

WEHRENS, RON, PUTTER, HEIN, & BUYDENS, LUTGARDE. 2000. The bootstrap: a tutorial. *Chemometrics and intelligent laboratory systems*, 54(1), 35-52.

WOLFINGER, RUSSELL D, & LIN, XIHONG. 1997. Two Taylor-series approximation methods for nonlinear mixed models. *Computational statistics & data analysis*, 25(4), 465-490.

YU, MEI, WANG, SHOU-YANG, LAI, KIN KEUNG, & CHAO, X. 2005. Multiperiod portfolio selection on a minimax rule. *Dynamics of continuous discrete and impulsive systems series B*, 12(4), 565.

ZHANG, CHONGQI, & WONG, WENG KEE. 2013. Optimal designs for mixture models with amount constraints. *Statistics & Probability Letters*, 83(1), 196-202.

ZHANG, WEI-GUO, LIU, YONG-JUN, & XU, WEI-JUN. 2012. A possibilistic mean-semi-variance-entropy model for multi-period portfolio selection with transaction costs. *European Journal of Operational Research*, 222(2), 341-349.

Capítulo 23

OTIMIZAÇÃO DE ROTAS VISANDO A REDUÇÃO DE CUSTOS DE OPERAÇÃO DA COLETA DE RESÍDUOS SÓLIDOS REALIZADA NO SUL DE MINAS GERAIS

Gustavo Pereira Olímpio
Juliana Helena Daroz Gaudêncio

OTIMIZAÇÃO DE ROTAS VISANDO A REDUÇÃO DE CUSTOS DE OPERAÇÃO DA COLETA DE RESÍDUOS SÓLIDOS REALIZADA NO SUL DE MINAS GERAIS

Gustavo Pereira Olímpio
Juliana Helena Daroz Gaudêncio

Resumo

Os resíduos sólidos, na sua maioria, são descartados em aterros sanitários ou de forma irregular podendo causar o surgimento de doenças e, assim, afetando a população e o meio ambiente. Como medidas para amenizar este impacto, torna-se necessário a implantação de um sistema de coleta seletiva de resíduos de forma eficaz. Por lei federal, é de responsabilidade dos municípios implantar mecanismos capazes de reduzir a degradação ambiental, entretanto, os altos custos para o tratamento adequado dos resíduos produzidos impactam de forma significativa nos cofres públicos. Por esta razão, aliar técnicas de otimização de rotas com o problema existente em diversas prefeituras pode representar um meio viável para a redução de custos aonde o tempo de deslocamento dos veículos utilizados na coleta seletiva será otimizado e, assim, tendo um maior aproveitamento na execução dos serviços realizado pelas prefeituras. Desse modo, o objetivo deste trabalho é o de utilizar a pesquisa operacional como uma ferramenta que visa a otimização das rotas utilizadas para a coleta de resíduos sólidos na cidade de Santa Rita do Sapucaí / MG. Assim sendo, a redução de custos obtida na rota dos resíduos sólidos proporcionará recursos que poderão ser investidos na implementação na coleta seletiva na cidade e, assim, auxiliando a prefeitura no tratamento dos resíduos gerados pela população.

Palavras-chave: coleta de resíduos, coleta seletiva, otimização de rotas, minimização de custos

1. Introdução

Os resíduos sólidos são responsáveis por uma grande variedade de gases estufa, desde gases carbono (como o monóxido de carbono, o dióxido de carbono e o metano), passando

elementos causadores das chuvas ácidas, como o enxofre, por exemplo, até os perigosos resíduos nucleares que ainda continuam sendo largados no ambiente sem tratamento em diversos países. Para esses acontecimentos temos a contribuição efetiva tanto dos resíduos domésticos e comerciais, como dos resíduos industriais. A falta de locais para o descarte em cidades pequenas não é o único problema, pois a origem do problema está na geração e no gerenciamento destes resíduos. A maior parte da indústria ainda não adequou os seus processos para a redução e o reaproveitamento de materiais (Alkmim, 2015). A reutilização ajuda na gestão dos resíduos sólidos, pois reaproveita um material que seria descartado e, assim, evitando uma nova produção e reduzindo a exploração de recursos naturais.

Como medidas para amenizar este impacto, torna-se necessário a implantação de um sistema de coleta seletiva de resíduos de forma eficaz. Entretanto, os altos custos para o tratamento adequado dos resíduos produzidos impactam de forma significativa nos cofres públicos. Por esta razão, esse trabalho possui o objetivo de desenvolver um projeto para o gerenciamento de resíduos sólidos na qual são utilizadas técnicas da pesquisa operacional que visam a otimização das rotas já existentes no município de Santa Rita do Sapucaí localizada no sul de Minas Gerais. Visando a redução de custos nas rotas existentes da coleta de resíduos sólidos, surge uma alternativa para a administração municipal gerenciar a implantação da coleta seletiva inexistente na cidade até o momento.

Para desenvolver tal trabalho, pesquisas sobre o atual destino dos resíduos e maneiras de melhorá-lo, juntamente com as técnicas de pesquisa operacional que visam a otimização de rotas foram utilizados na proposta para solucionar e viabilizar o melhor gerenciamento dos resíduos gerados pela cidade objeto de estudo.

2. Pesquisa operacional

De acordo com Andrade (1998), os primeiros trabalhos de pesquisa operacional serviram de apoio para as operações militares inglesas durante a Segunda Guerra Mundial e após, usada pela Engenharia de Produção como método de resolução de problemas por meio da elaboração de modelos que permitem simulações e servem de suporte para as decisões. Hoje ela está tanto na comunidade acadêmica quanto nas organizações (SILVA et. al, 1998).

A programação linear é a distribuição eficiente de recursos limitados entre atividades competitivas com a finalidade de atender um determinado objetivo, por exemplo, a maximização de lucros ou a minimização dos custos, entretanto, deseja-se achar aquela

distribuição que satisfaça as restrições do problema e alcance o objetivo desejado. A essa solução dá-se o nome de solução ótima (PUCCINI,1980).

Como as variáveis de decisão do modelo proposto, neste trabalho, serão a quantidade de vezes que cada rota será atendida, restringe-se o modelo para que as variáveis assumam apenas valores inteiros. Essa técnica é chamada de programação linear inteira (LACHTERMACHER, 2007).

De acordo com o algoritmo proposto por George Dantzig em 1947, o Simplex soluciona problemas de equações e inequações lineares através de uma sequência de passos otimizando a função objetivo (GOLDBARG e LUNA, 2000).

2.1. Otimização de rotas

Segundo LACHTERMACHER (2007), o problema de transporte é de aplicação muito comum na pesquisa operacional e recebe esse nome porque seu método de resolução foi, no início, utilizado para determinar o menor custo de transporte por unidade de remessa.

O roteiro é feito a partir de uma origem e destino, sendo necessária uma série de análises para verificar a viabilidade do percurso devido ao volume de carga, locais de coleta e tempo disponível para executar o serviço. Alvarenga e Novaes (2000) atribuem a roteirização o processo de distribuição física de produtos em um roteiro de coleta e entrega em que o veículo visita certo número de clientes localizados em uma determinada zona.

3. Metodologia de pesquisa

Os diversos tipos de pesquisas podem ser classificados quanto a sua abordagem, natureza, objetivos e procedimentos (Silveira e Córdova, 2009). Em relação à abordagem esse trabalho classifica-se como uma pesquisa quantitativa, visto que há o uso de funções para a modelagem de dados quantitativos recorrendo à linguagem matemática para descrever as rotas utilizadas pela coleta de resíduos sólidos.

Sob o ponto de vista da natureza, essa pesquisa pode ser classificada como aplicada uma vez que objetiva gerar conhecimento para fins práticos. Assim, a pesquisa visa o aperfeiçoamento de questões práticas e atende aos interesses da administração pública na redução dos custos e a comunidade acadêmica na promoção de novos métodos e estudos.

Quanto à ótica dos objetivos, a pesquisa classifica-se como de classe axiomática normativa,

pois utiliza o modelo matemático criado com o propósito de otimizá-lo por meio da pesquisa operacional. De acordo com Bertrand e Fransoo (2002), a pesquisa normativa está interessada na melhoria dos resultados disponíveis na literatura, buscando a determinação de uma solução ótima diante de definições de novos problemas.

Por fim, sob a ótica dos procedimentos, essa pesquisa se enquadra no método de pesquisa denominado ‘modelagem e simulação’ uma vez que os dados analisados serão modelados e otimizados por meio de procedimentos matemáticos.

4. Desenvolvimento da pesquisa

4.1. Plano de gerenciamento de resíduos sólidos

Os resíduos sólidos urbanos coletados na cidade de Santa Rita do Sapucaí/MG passam por operação de transbordo em área licenciada situada próximo às margens da Rodovia BR 459 aonde está localizada a Fazenda da Prefeitura. Após, o encaminhamento dos resíduos é realizado através da utilização de caminhão caçamba de maior volume até ao Aterro Sanitário do Consórcio CIMASAS localizado na cidade de Itajubá-MG. Devido a este encaminhamento para a CIMASAS, a prefeitura tem um custo muito alto no deslocamento destes resíduos, cerca de 60 a 70 mil reais por mês, além de ter um custo de oportunidade aonde o município deixa de obter lucro com a venda de materiais potencialmente recicláveis.

De acordo com os dados coletados, a coleta convencional na zona urbana possui roteiros definidos. Na Tabela 1 estão descritos os itinerários seguidos em cada roteiro. Normalmente, com a utilização de caminhões coletores, são executadas viagens nas rotas durante a semana.

Em média são coletadas 25 toneladas por dia e, assim, totalizando 750 toneladas por mês de resíduos sólidos gerados na cidade de Santa Rita do Sapucaí/MG que possui em torno de 42.000 habitantes.

Tabela 1 – Itinerário da coleta de resíduos sólidos realizado em Santa Rita do Sapucaí.

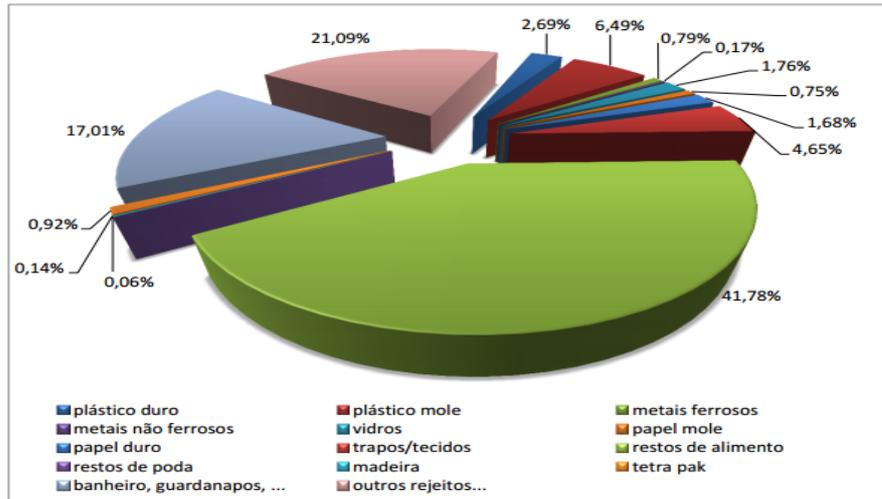
Número da rota	Roteiro da rota (Bairros)	Frequência	Horário		
			Início	Fim	Descarga
Rota 1	Secretaria de Obras, Recanto das Margaridas, São Roque, São Benedito, Santa Felicidade, São João, Pedro Sancho Vilela, Conjunto Habitacional José, Gonçalves Mendes, São José.	Segunda a Sábado	07:00	11:00	12:00
Rota 2	Rua Nova, Vila das Fontes, Loteamento do Valle, Joaquim Gomes, Anchieta, Vila Operária, Arco Iris, Novo Horizonte, Boa Vista II, Jardim das Palmeiras, São Pedro, Fernandes, Jardim Beira Rio.	Segunda a Sábado	07:00	11:00	12:00
Rota 3	Bruno Matagrano, Ozório Machado, São José, Maristela.	Segunda a Sábado	17:30	22:00	07:00
Rota 4	Fátima, Morada do Sol, Jardim dos Estados, Viana, Santana, Monte Belo, Monte Líbano, Jairo Grillo, Monte Verde, Jardim Santo Antônio, Santa Rita, Pôr-do-Sol, Família Andrade, Pedreira.	Segunda a Sábado	07:00	11:00	12:00
Rota 5	Inatel, Delcides Teles, Eletrônica, Centro.	Segunda a Sábado	17:30	22:00	07:00

Fonte: PMGIRS – Santa Rita do Sapucaí (2015)

4.1. Coleta de dados

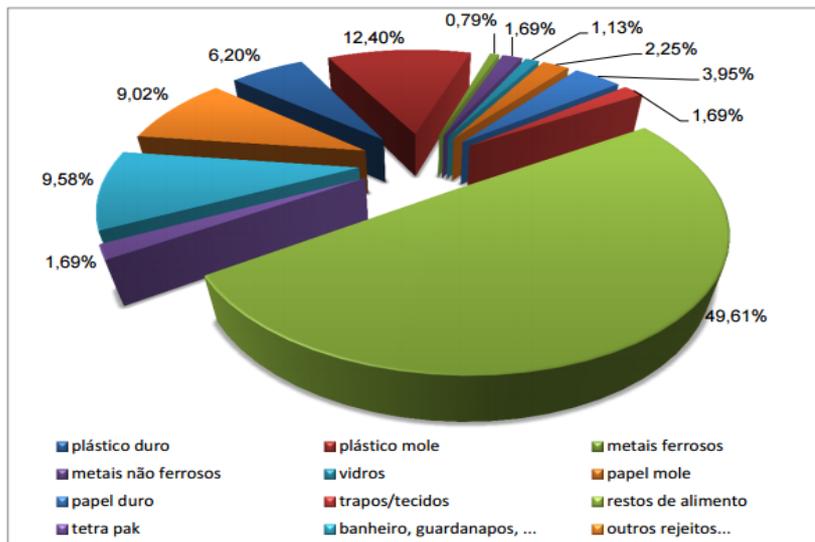
Em uma pesquisa realizada em Santa Rita do Sapucaí sobre a composição dos resíduos sólidos urbanos do município, retrataram-se os seguintes dados observados nas Figuras 1 e 2.

Figura 1 - Composição dos resíduos sólidos domésticos gerados em Santa Rita do Sapucaí



Conforme informado na Figura 1, a matéria orgânica representa 41,78% dos resíduos domésticos gerados no município, outros rejeitos somam 38,10% e os resíduos recicláveis representam 20,12% do total de resíduos domésticos. Já a Figura 2 informa que a quantidade de matéria orgânica é da ordem de 49,61% do total de resíduos. Os rejeitos são 18,61% e o material potencialmente reciclável representa 31,79% do total da amostra de resíduos comerciais. Para achar a base de cálculo foi feita a média aritmética dos valores encontrados sobre os resíduos que podem ser recicláveis informado nos dois gráficos e, desse modo, obteve-se o valor médio de 25,95%.

Figura 2 - Composição resíduos sólidos comerciais gerados em Santa Rita do Sapucaí



O montante mensal dos resíduos coletados na cidade é apresentado na Tabela 2. A partir desses dados foram calculados a quantidade potencial de material reciclável no município (25,95%) multiplicando os valores do volume total de lixo recolhido mês a mês por 0,2595.

Observa-se que no ano de 2015 a cidade produziu 1.927.545,24 kg de material potencialmente reciclável. A maior parte desse montante é destinada a uma empresa especializada em descartes de resíduos em Itajubá, chamada CIMASAS.

Para calcular o material reciclável de Santa Rita do Sapucaí, pesquisou-se a composição do material reciclável no Brasil que é composto basicamente por 5 itens sendo eles o aço, alumínio, papel, plástico e vidro (ABRELPE, 2009). Para obtenção dos valores da receita perdida no município com a possível venda desses materiais, os preços de venda por tonelada e a proporção média encontrados em 15 capitais brasileiras foram pesquisados (VILHENA, 2018). Podemos observar na Tabela 3 o preço por tonelada e a proporção de cada material reciclável.

Tabela 2 - Quantidade total coletada de resíduos e o potencial de reciclagem.

	Montante (kg)	Reciclável
Janeiro	881.220,00	228.676,59
Fevereiro	709.830,00	184.200,89
Março	578.000,00	149.991,00
Abril	626.130,00	162.480,74
Mai	593.580,00	154.034,01
Junho	597.700,00	155.103,15
Julho	550.120,00	142.756,14
Agosto	573.000,00	148.693,50
Setembro	578.810,00	150.201,20
Outubro	558.990,00	145.057,91
Novembro	564.120,00	146.389,14
Dezembro	616.420,00	159.960,99
Total	7.427.920	1.927.545,24

Fonte - Adaptado de PMGIRS – Santa Rita do Sapucaí (2015).

Tabela 3 – Preço de venda/tonelada e proporção dos materiais recicláveis.

Materiais	Aço	Alumínio	Papel	Plástico	Vidro
Preço de Venda Tonelada	R\$ 277,00	R\$ 2.471,00	R\$ 311,00	R\$ 788,00	R\$ 95,00
Proporção (%)	53,3	4,4	25,3	12,2	4,8

Fonte - Adaptado de Vilhena (2014).

Na Tabela 4 observa-se a receita perdida com a possível venda de cada material. Verifica-se que a receita perdida no ano de 2015 foi de R\$837.564,67 se esse material fosse vendido para reciclagem.

Tabela 4 – Receita gerada com a venda dos materiais recicláveis.

Material	Receita (R\$)
Aço	284.584,71
Alumínio	209.570,43
Papel	151.665,04
Plástico	182.954,88
Vidro	8.789,61
Total	837.564,67

Calculou-se a receita perdida proporcionalmente em cada rota utilizando a informação do número médio de moradores de cada bairro. Informações estas cedidas pela prefeitura de Santa Rita do Sapucaí. Esses dados estão representados na Tabela 5.

Tabela 5 - Receita perdida por rota.

Rotas	Número de Habitantes	Margem	Receita Desperdiçada
1	6156	15,11%	R\$ 126.556,02
2	10227	25,10%	R\$ 210.228,74
3	4269	10,48%	R\$ 87.776,78
4	10902	26,76%	R\$ 224.132,31
5	9186	22,55%	R\$ 188.870,84

As despesas com pessoal, manutenção e outras atividades se dividem igualmente entre todas as rotas. Portanto, a única despesa proporcional seria o valor gasto com combustível pelos caminhões para cumprir o percurso da rota. O custo do diesel para a prefeitura no ano de 2017 foi de **R\$3,17** e de posse dos dados geográficos das distâncias percorridas nas rotas encontrou-se o gasto proporcional com combustível.

Para chegar à receita desperdiçada na coleta diária de cada uma das rotas, dividiu-se o montante anual de receitas desperdiçadas por 360 (dias no ano, aproximadamente) e multiplicou-se pelo valor percentual de cada rota obtido na Tabela 5. A margem obtida em

cada rota é encontrada subtraindo os gastos com o combustível conforme apresentado na Tabela 6.

Tabela 6 – Margem por rota.

Rotas	Distância (Km)	Combustível (R\$)	Receita (R\$)	Margem (R\$)
Rota 1	5,4	4,28	351,54	347,27
Rota 2	15,3	12,13	583,97	571,84
Rota 3	12,7	10,06	243,82	233,76
Rota 4	9,35	7,41	622,59	615,18
Rota 5	6,3	4,99	524,64	519,65

É importante observar as restrições quanto a capacidade dos caminhões durante a semana. Segundo Cempre (2018), a velocidade média de um caminhão durante a operação de coleta é de 7 a 12 Km/Hr, adotaremos 7 Km/Hr. A capacidade de volume dos caminhões compactadores que operam 6 dias por semana em Santa Rita do Sapucaí é de 12 m³ cada, e dos caminhões tipo caçamba 5 m³ cada.

4.2. Variáveis de decisão do modelo.

Foram definidas 5 variáveis de decisão, sendo elas a quantidade de vezes que cada rota será percorrida por semana:

X_i = Quantas vezes a rota i será percorrida por semana;

i = Rota (1,2,3,4,5)

4.3. Função objetivo

O objetivo do problema é maximizar o lucro obtido com a melhor rota de coletiva seletiva possível. A equação (1) mostra a função objetivo do problema:

$$\text{Max } Z = 347,27X_1 + 571,84X_2 + 233,76X_3 + 615,18X_4 + 519,65X_5 \quad (1)$$

4.4. Restrições do modelo

Na tabela 7 abaixo observa-se a distância percorrida e o volume coletado em cada rota, esses dados serão usados nas restrições do modelo.

Tabela 7 - Distância percorrida e volume coletado em cada rota.

Rotas	Distância (Km)	Volume (Kg)
Rota 1	5,4	351,54
Rota 2	15,3	583,97
Rota 3	12,7	243,82
Rota 4	9,35	622,59
Rota 5	6,3	524,64

a) Distância máxima percorrida em cada rota por semana.

A velocidade média do caminhão é 7 km/hr (D'ALMEIDA E VILHENA,2000), em um dia de trabalho de 6 horas percorre-se no máximo 42 km e em uma semana de 6 dias trabalhados, 1 caminhão percorre no máximo 252 km. Dessa forma as distâncias percorridas em cada rota devem ser menores ou iguais a 252 km.

$$5,4X_1 + 15,3X_2 + 12,7X_3 + 9,35X_4 + 6,3X_5 \leq 252$$

b) Volume máximo coletado por rota.

Cada caminhão caçamba coleta até 5 m³ por vez. Com 2 caminhões o valor é de 10 m³, ou seja, 10000 Kg. Cada caminhão compactador coleta por vez até 12 m³, 2 caminhões 24000 Kg. Dessa forma, os volumes coletados devem ser menores ou iguais a 34000 Kg.

$$809,03X_1 + 1343,93X_2 + 561,13X_3 + 1432,81X_4 + 1207,39X_5 \leq 34000$$

c) A capacidade máxima de atendimento a cada rota será de 12 vezes por semana e a capacidade mínima 6 vezes por semana. Ou seja, os valores das variáveis devem ser menores ou iguais a 12 e maiores ou iguais a 6.

$$X_1, X_2, X_3, X_4, X_5 \leq 12$$

$$X_1, X_2, X_3, X_4, X_5 \geq 6$$

O número de vezes que os caminhões devem percorrer as rotas por semana deve ser um número inteiro, restringe-se a programação do software para Programação Linear Inteira.

4.5. Representação matemática do problema

Apresenta-se o modelo matemático da seguinte forma:

$$\text{Max } Z = 347,27X_1 + 571,84X_2 + 233,76X_3 + 615,18X_4 + 519,65X_5$$

Sujeito à:

$$5,4X_1 + 15,3X_2 + 12,7X_3 + 9,35X_4 + 6,3X_5 \leq 252$$

$$809,03X_1 + 1343,93X_2 + 561,13X_3 + 1432,81X_4 + 1207,39X_5 \leq 34000$$

$$X_1, X_2, X_3, X_4, X_5 \leq 12$$

$$X_1, X_2, X_3, X_4, X_5 \geq 6$$

5. Análise dos resultados

O software usado para realizar os cálculos de programação linear inteira foi o suplemento Solver disponível no Microsoft Excel. Abaixo, na Tabela 8, são apresentados os dados na condição de 2 caminhões caçamba e mais 2 caminhões compactadores operando 6 horas por dia, 6 dias por semana:

Tabela 8 - Programação semanal.

Rotas	Margem	Distância (Km)	Volume (Kg)	Vezes Por Semana
Rota 1	347,27	5,4	809,03	8
Rota 2	571,84	15,3	1.343,93	6
Rota 3	233,76	12,7	561,13	6
Rota 4	615,18	9,35	1.432,8	6
Rota 5	519,65	6,3	1.207,39	6

Utilizando como base a margem de cada rota e como limites de restrição a distância percorrida e volume coletado observa-se na tabela acima a programação semanal ótima para coleta de resíduos sólidos em Santa Rita do Sapucaí em termos de lucro com a implantação de um sistema de coleta seletiva e reciclagem no próprio município. Na tabela 9 apresenta-se a receita desperdiçada em Santa Rita do Sapucaí por semana, por mês e por ano.

Tabela 9 - Solução da função objetivo.

Receita	Reais (R\$)
Semana	14.420,74
Mês	57.682,76
Ano	692.195,52

Na tabela 10 apresenta-se a capacidade utilizada de distância percorrida e volume coletado por dia. É importante observar que a capacidade máxima de volume dos 4 caminhões está quase preenchida totalmente e a capacidade de atendimento máximo de 12 vezes por semana ainda não foi alcançada.

Tabela 10 - Utilização do primeiro cenário.

Restrições				
Quilometragem	305,1	<=	1.008	Km
Volume	33.3743,8	<=	34.000	Kg
Atendimento Mínimo	6	>=	6	X Por Semana
Atendimento Máximo	8	<=	12	X Por Semana

Pode-se, através do modelo, simular o faturamento e as capacidades de utilização adicionando mais um caminhão compactador na operação totalizando uma capacidade máxima de volume de 46000 Kg. Nas duas próximas tabelas 11 e 12 apresenta-se a receita e a utilização da capacidade máxima na condição de três caminhões do tipo compactadores e dois caminhões do tipo caçamba operando diariamente.

Tabela 11- Solução da função objetivo no segundo cenário.

Receita	Reais (R\$)
Semana	19.604,64
Mês	78.418,56
Ano	941.022,72

Tabela 12 – Utilização do segundo cenário.

Restrições				
Quilometragem	413,35	<=	1.260	Km
Volume	45.871,30	<=	46.000	Kg
Atendimento Mínimo	6	>=	6	X Por Semana
Atendimento Máximo	12	<=	12	X Por Semana

Podemos observar que na segunda simulação a capacidade atual de volume está quase totalmente atingida e os atendimentos a cada rota, máximo e mínimo por semana foram alcançados. O faturamento teve um aumento de mais de 35%, igual a R\$248827,50.

Através da otimização das rotas pode-se elaborar vários cenários com restrições de diferentes limites de acordo com as condições atuais de operação da prefeitura e, principalmente, elaborar o planejamento da coleta seletiva já ciente de um faturamento operacional confiável.

6. Conclusão

A elaboração deste trabalho ressaltou a importância da utilização de técnicas de otimização que visam a redução de custos que a administração pública de Santa Rita do Sapucaí possui com a coleta de resíduos sólidos. A modelagem realizada demonstra uma solução viável para o problema apresentado.

Analisando o cenário de 5 caminhões, 3 compactadores e 2 caçambas, tem-se o faturamento de R\$941.022,72 anual e R\$78.418,56 mensal. Como a prefeitura não pode administrar essa receita propõe-se a criação de um centro de triagem, separação e venda de materiais potencialmente recicláveis em Santa Rita do Sapucaí. A prefeitura da cidade já possui um terreno destinado para essas operações. Ainda, com esta proposta, o envio de resíduos sólidos destinado a CIMASAS localizada na cidade de Itajubá irá diminuir e, assim, a administração pública teria uma redução nos gastos com o gerenciamento desses resíduos sólidos. Atualmente, a prefeitura gasta, em média, R\$65.000,00 reais por mês com o gerenciamento dos resíduos destinados para a cidade vizinha (Itajubá), entretanto, adotando a política da coleta seletiva, o montante de resíduos sólidos destinados à Itajubá irá diminuir e, assim, o novo gasto será de R\$48.132,45.

Desse modo, a implantação de um centro de triagem proporcionará uma redução de R\$202.410,50 por ano e, conseqüentemente, de R\$16.867,55 por mês na cidade de Santa Rita do Sapucaí, e, além disso, a cidade contribuirá com o meio ambiente e com o desenvolvimento social destinando esses materiais de forma correta conscientizando a população com bons exemplos de separação e reutilização de materiais.

Por fim, outra possibilidade de incentivo é a adesão da Lei nº 19.823, de 22 de novembro de 2011 que dispõe sobre a concessão de incentivo financeiro aos catadores de materiais recicláveis e também a Lei sobre Cooperativismo nº 5764 de 16/12/1971 que auxilia na implantação e gerenciamento da cooperativa.

REFERÊNCIAS

ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil, 2009.

ALKMIM, E. B. Conscientização ambiental e a percepção da comunidade sobre a coleta seletiva na cidade universitária da UFRJ. 2015. 150 p. Dissertação (Mestrado de Engenharia Urbana)- Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, 2015. LAYRAGUES, P. O cinismo da reciclagem: o significado da reciclagem e suas implicações para a educação ambiental. In: VÁRIOS AUTORES. Educação Ambiental: repensando o espaço da cidadania. São Paulo: Cortez, 2002.

ANDRADE, EDUARDO L. Introdução à pesquisa operacional. 2 ed. Rio de Janeiro: LCT, 1998.

BERTRAND, J. W. M.; FRANSOO, J. C. Operations management research methodologies using quantitative modeling. International Journal of Operations & Production Management, v. 22, n. 2, p. 241-264, 2002.

BRONSON, R.; NAADIMUTHU, G. Operations Research. 2 Ed. New York: McGraw-Hill, 1997.

CAIXETA-FILHO, JOSÉ VICENTE. Pesquisa Operacional. São Paulo: Atlas, 2001.

COLIN, E. C., (2007). Pesquisa Operacional: 170 aplicações em estratégica, finanças, logísticas, produção, marketing e vendas. Livro; Editora LTC; Rio de Janeiro; p. 498.

CORMEN, THOMAS H. Introduction to algorithm. 23. ed. MIT: McGraw-Hill, 1999.

D'ALMEIDA, M. L. O.; VILHENA, A. Lixo municipal: manual de gerenciamento integrado. 2. ed. São Paulo: IPT/CEMPRE, 2000.

GOLDBARG, M. C.; LUNA, H. P. L. Otimização Combinatória e Programação Linear. 2 Ed. Editora Campus, 2000.

LACHTERMACHER, G.. Pesquisa operacional na tomada de decisões, 3.ed. Rio de Janeiro : Editora Campus Elsevier, 2007.

LOESH, C. E HEIN, N., (2009). Pesquisa operacional: fundamentos e modelos. São Paulo: Saraiva.

MOREIRA, D. A. Pesquisa Operacional: Curso Introdutório. São Paulo: Thomson Learning, 2010.

NOVAES, A. G. e ALVARENGA, A. C. Logística Aplicada: Suprimento e Distribuição Física. São Paulo, Edgard Blucher, 2000.

NOVAES, ANTONIO GALVÃO. Logística e gerenciamento da cadeia de distribuição. 3º Ed. Rio de Janeiro. Elsevier. 2007.

PREFEITURA DE SANTA RITA DO SAPUCAÍ, PMGIRS - Plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos se Santa Rita do Sapucaí-MG,2015.

PUCCINI, A.,L.. Introdução à programação linear. Rio de Janeiro: livros técnicos e científicos Editora S.A, 1980.

SILVA, E. M.; SILVA, E. M.; GONÇALVES, V.; MUROLO, A. C. Pesquisa Operacional:

programação linear. 3 Ed. São Paulo: Atlas, 1998.

SILVEIRA, D. T.; CÓRDOVA, F. P. A pesquisa científica. In: GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. (org.). Métodos de Pesquisa. Porto Alegre: Editora de UFRGS, 2009. p. 31-42.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. Administração da Produção. Atlas, São Paulo, 2002.

VILHENA, A. Lixo municipal: manual de gerenciamento integrado. 4. ed. São Paulo: CEMPRE, 2018.

WINSTON, W.L. (1994). Operations Research, Applications and Algorithm, 3 rd Ed.. Belmont (CA): Duxburry Press.

Capítulo 24

PERSPECTIVAS DE COMPETITIVIDADE DOS PRODUTORES DO FRUTO AÇAÍ DO NORDESTE PARAENSE

Dinaldo do Nascimento Araujo
Marcelo de Souza Correia
Alexandre Jorge Gaia Cardoso

PERSPECTIVAS DE COMPETITIVIDADE DOS PRODUTORES DO FRUTO AÇAÍ DO NORDESTE PARAENSE

Dinaldo do Nascimento Araujo

Marcelo de Souza Correia

Alexandre Jorge Gaia Cardoso

Resumo

A proposta do trabalho é identificar quais são as perspectivas de competitividade dos produtores de açaí, de terra firme e de várzea, no nordeste paraense. Região considerada como a que mais produz açaí no Brasil. O objetivo principal é descrever uma determinada amostra de produtores e identificar e avaliar as perspectivas de competitividade dessa amostra em relação aos fatores de competitividade definidos na pesquisa, partindo-se da hipótese nula de que não há diferenças significativas de perspectivas entre os produtores de terra firme e de várzea. A fundamentação teórica considerada para a pesquisa é composta de uma abordagem sobre cadeias agroindustriais e fatores de competitividade. A metodologia utilizada para a execução da pesquisa foi o método *Rapid Appraisal*, onde foi elaborado um questionário semi-estruturado para os agentes do elo de produção da cadeia do açaí. Os principais agentes-chaves considerados e caracterizados foram: produtores de açaí; intermediários e representantes de algumas organizações. Os fatores de competitividade definidos para o referido estudo foram: insumos, tecnologia, estrutura de mercado, estrutura de governança e coordenação da cadeia, armazenamento e transporte e ambiente institucional. Como principal resultado do trabalho, observou-se que em ambos os tipos de produção, as perspectivas de competitividade são favoráveis para o aprimoramento da cadeia e não há diferenças significativas entre as percepções de competitividade dos produtores de terra firme e de várzea.

Palavras-chave: cadeias agroindustriais. fatores de competitividade. cadeia do açaí

1. Introdução

A produção brasileira oriunda da extração vegetal e da silvicultura do Brasil em 2015

corresponde ao montante de 622.025 toneladas, dos quais 338.801 toneladas ou 54,46% são da produção de erva-mate e 216.071 toneladas ou 34,73% são provenientes da extração do fruto açaí. Da parcela da produção de açaí em 2015, a região Norte é a maior produtora com 201.207 toneladas e o Estado do Pará apresenta uma participação de 62,64% com produção de 126.027 toneladas e o Estado do Amazonas com produção de 65.638 toneladas ou 32,62%. Entre o período de 2002 e 2015 a produção média paraense é de 82,14% em relação ao Norte do país (IBGE, 2016).

A produção extrativista do açaí na Região Norte aumentou 60,04% entre o ano de 2002 e 2015. No Estado do Pará, nesse mesmo período, a produção passou de 122.322 toneladas para 126.027 toneladas, ficando com uma média de 82,14% da produção da Região Norte durante o período. No Pará, a principal mesorregião produtora em 2015 foi a Nordeste com 63,97%, da produção estadual, seguida pela mesorregião do Marajó com 26,02% da produção do Estado de acordo com os dados do IBGE. Fato este que fora identificado nos estudos de Cardozo et al (2015) onde apontam que o açaizeiro é a espécie mais representativa nos sistemas agroflorestais da Amazônia com um percentual de 25,9% de representatividade.

Os dados apresentados demonstram um forte crescimento da produção com objetivo de atender tanto o mercado interno quanto o externo. Demonstram também que a cadeia produtiva do açaí tem sido capaz de atender à crescente demanda e, portanto, indicam sua capacidade de se manter de forma competitiva no mercado. Ou seja, crescimento da produção dessa cadeia revela um “desempenho”, que pode ser interpretado como um indicador de competitividade revelada.

Nessa cadeia, estão vários agentes econômicos, tais como produtores de açaí, intermediários ou atravessadores, indústrias processadoras, organizações vinculadas a esses agentes e o governo com suas políticas. Segundo Nogueira, Figueiredo e Muller (2005), a produção de frutos açaí, que provinha quase que exclusivamente do extrativismo, a partir da década de 1990 passou a ser obtida, também, de açazais nativos da várzea, de cultivos implantados em áreas de várzea e terra firme. A produção em terra firme tem sido obtida em regiões com maior precipitação pluviométrica, em sistemas solteiros e consorciados, com e sem irrigação. E para Homma (2012) o fruto açaí pode advir das seguintes origens: de açazais nativos existentes nas margens de rios misturados a outras árvores (extrativo); de áreas de várzea que passaram por manejo e de áreas de produção de terra firme com irrigação e sem irrigação.

Os produtores de açaí são aqueles que realizam algum tipo de manejo nos açazais e de alguma forma beneficiam o açazal, aproveitando melhor a coleta do fruto até na entressafra,

assim como extraindo também o palmito.

A maioria dos produtores trabalham e residem nas margens dos rios (conhecidos como ribeirinhos). Após a coleta do fruto, os produtores destinam o açaí para: os intermediários, as associações, cooperativas ou indústrias processadoras. Após processado o fruto, a indústria vende a polpa para os distribuidores que estão localizados nos diversos estados brasileiros, principalmente nas regiões Sudeste e Sul. Quanto ao mercado internacional, existem poucas companhias na região nordeste paraense que realizam a exportação, e de acordo com os dados elaborados pela Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB (2016), os Estados Unidos da América do Norte com uma representação média de 60% e o Japão com representação média de 31,45%, são os países que de 2012 a 2015 são os maiores importadores da polpa de açaí.

Em face deste contexto, revela-se a importância do estudo da competitividade da respectiva cadeia produtiva no nordeste paraense, surgindo como questão fundamental: Quais são as perspectivas de competitividade pelos produtores de terra firme e de várzea na cadeia produtiva do fruto do açaí? Deste modo, este estudo apresenta como objetivo geral descrever uma determinada amostra de produtores e identificar e avaliar as perspectivas de competitividade dessa amostra em relação aos fatores de competitividade definidos na pesquisa.

Os estudos já realizados por Canto (2001); Nogueira, Figueiredo e Muller (2005); Sant’Ana (2006); Lewis (2008); Corrêa (2010); Nogueira (2011), Batista (2013) e Cardozo et al (2015) apresentam uma abordagem sobre a palmeira do açaí, sobre as propriedades do fruto, sobre as técnicas de manejo e sobre algum aspecto econômico de determinadas localidades. Uma análise dos principais fatores de competitividade por parte dos produtores possibilita a identificação de pontos fortes e pontos fracos do elo de produção da cadeia do açaí.

2. Fundamentação teórica

2.1. Abordagem sistêmica de cadeias produtivas

As duas principais vertentes que contribuíram para a referida análise da cadeia do açaí, embora distintas, mas com muitos pontos em comum, são: (a) *CSA – Commodity System Approach*, que considera as transformações por que passa uma matéria-prima até chegar ao consumidor final; e (b) a análise de *filière*, que analisa em um recorte vertical, a sucessão de

processos de transformação de certo produto de um determinado setor agroindustrial.

Normalmente as abordagens de competitividade encontram na firma seu espaço privilegiado de análise. Assim, a competitividade de um dado setor ou nação seria a soma da competitividade dos agentes (firmas) que o compõe. No caso de produtos agrícolas ou agroindustriais, existe um conjunto de especificidades que resultam na definição de um espaço de análise diferente dos convencionalmente admitidos em estudos de competitividade. Este espaço de análise é a cadeia de produção agroindustrial.

Os estudos de competitividade em cadeias agroindustriais, devem privilegiar um corte vertical no sistema econômico para a definição do campo de análise. Nestes casos, a competitividade deste sistema aberto, definido por uma dada cadeia de produção agroindustrial, não pode ser vista como a simples soma da competitividade individual dos seus agentes. Esta consideração remete à análise de competitividade dos sistemas agroindustriais, o que implica na incorporação da noção de sistema (BATALHA; SOUZA FILHO, 2009).

Em Batalha e Silva (2007), uma cadeia de produção agroindustrial, pode ser segmentada, de jusante a montante, em três macros segmentos. No entanto, essa tarefa não é tão fácil, uma vez que esta divisão pode variar muito de produto para produto e segundo o objetivo da análise proposto. O primeiro segmento seria a comercialização, onde podem ser enquadradas as empresas responsáveis somente pela logística de distribuição, isto é, as companhias que se relacionam direto com clientes finais da cadeia produtiva e que viabilizam o consumo e a comercialização. No segundo segmento, a industrialização, enquadrando-se as indústrias de transformação de matéria-prima em produtos finais destinados aos compradores (que podem ser consumidores finais ou outras agroindústrias). O terceiro segmento, a produção de matérias-primas, seria o aglomerado de empresas que fornecem a matéria-prima para a indústria de transformação.

Batalha e Souza Filho (2009) enfatizam de que a eficiência ao longo do canal de distribuição pode ser melhorada através do compartilhamento de informação e do planejamento conjunto entre seus diversos agentes. Canal de distribuição aqui poderia ser entendido, por exemplo, como o caminho pelo qual passa o fruto açaí desde a extração do fruto da palmeira até a mesa do consumidor final. Esse conceito é relevante para o estudo de cadeias produtivas, pois tem como foco a coordenação e a integração de atividades relacionadas ao fluxo de produtos, serviços e informações entre os diferentes agentes da cadeia.

Nesse sentido, fez-se uma análise específica no elo de produção, com os principais agentes-chaves, considerando as perspectivas dos produtores e as opiniões dos intermediários e

representantes de organizações que estão de alguma forma, ligados com a produção do fruto, e com suas experiências e expertise no tema, ajudaram a esclarecer pontos importantes sobre a cadeia.

2.2. Competitividade em sistemas agroindustriais

Para Farina (1999), a análise sistêmica de determinada agroindústria, justifica-se em virtude de que o desempenho que se propõe estudar não é de uma firma individual, mas sim de um conjunto de segmentos/atores (players) que se inter-relacionam de maneira direta ou indireta com um determinado fim e de forma sistêmica. Esses segmentos atores podem exibir diferentes graus de dependência mútua.

Considerando o conceito de competitividade aplicado em um sistema agroindustrial tem-se uma primeira dificuldade que é de conhecer o nível de agregação dos elos que compõem determinado sistema, já que não se trata apenas de entender o conceito de competitividade horizontalmente (da firma para a indústria), mas também de entender a competitividade verticalmente (da indústria para a cadeia produtiva).

Para Farina & Zylbersztajn (1998) e Batalha e Souza Filho (2009), a análise sistêmica agroindustrial se torna viável quando se focaliza sistemas agroindustriais (SAG) específicos tais como o SAG do leite, SAG da cana-de-açúcar, etc.. Do ponto de vista de Farina (1999), a análise de competitividade dos SAG's deve-se perguntar: se um determinado sistema agroindustrial deverá crescer ou, pelo menos, não decrescer nos mercados correntes e se tem capacidade de agregar novos mercados; Se sua composição será alterada ou não, isto é, se a competitividade dos participantes dos elos sofrerão ou não mudanças; Quais as estruturas de governança viabilizam essa competitividade e em que direção deverá se alterar.

Em decorrência de tais explicações, identifica-se que a cadeia do açaí gera valor agregado, e a análise que o presente trabalho se propõe, pode no futuro vim a ser fonte de partida para o aprimoramento local e regional da cadeia do açaí, contribuindo com o conhecimento sobre o funcionamento e interação dos seus respectivos elos e agentes da cadeia.

2.3. Fatores de competitividade

A empresa que adquire maior vantagem competitiva, em relação às demais se sobressai, obtendo resultados mais positivos em termos de rentabilidade e crescimento. Para tal posição

favorável na competitividade, as empresas devem conhecer e dominar os fatores de competitividade.

Roman et al (2012) entendem como fator de competitividade aquilo que se configura como uma real preocupação e razão de ser de cada atividade da empresa. Pode-se dizer que o fator de competitividade corresponde às variáveis nas quais a organização precisa apresentar bom desempenho, para sobreviver e se destacar em relação ao mercado.

Sendo assim, no presente estudo de análise dos fatores de competitividade no elo de produção da cadeia do açaí, coadunamos com a proposta de Roman et al (2012) em que o conhecimento dos fatores de competitividade possibilitará identificar as exigências ambientais, a estrutura interna e os níveis de incertezas do referido elo.

De acordo com Batalha e Souza Filho (2009), os determinantes da competitividade em cadeias produtivas envolvem uma ampla variedade de dimensões, as quais, por conveniência analítica, podem ser agregadas em direcionadores, tais como tecnologia, insumos e infraestrutura, gestão, ambiente institucional, estrutura de mercado e estrutura de governança. Eles refletem, em última instância, o posicionamento competitivo e sustentável do sistema em análise. A mensuração desses direcionadores pode ser feita de forma objetiva por meio do emprego de informações estatísticas de domínio público ou privado e/ou dados levantados diretamente junto aos agentes participantes do sistema agroindustrial.

No referido estudo considerou-se seis dimensões de fatores de competitividade descritos em Batalha e Souza Filho (2009) e cada fator é composto de subfatores de acordo com as especificidades da cadeia analisada, conforme lista a seguir.

- I) Fator insumos: capacitação de mão-de-obra, disponibilidade de terras, preço da terra no Pará, custo da mão-de-obra, custo de produção, custo de estocagem e condições climáticas;
- II) Fator Tecnologia: realização do manejo, cultivo em várzea e cultivo em terra firme;
- III) Fator Estrutura de mercado: nº de indústrias, preço do fruto açaí, diferenciação de produtos, capacidade de ampliação e escala de produção, ociosidade no processamento e certificação de qualidade;
- IV) Fator Estrutura de Governança e Coordenação: existência e atuação de associações e cooperativas, participação dos intermediários, disseminação de informação, relacionamento intermediário/produtor, relacionamento produtor/indústria;
- V) Fator Armazenamento e Transporte: capacidade de armazenamento do fruto,

capacidade de armazenamento da polpa, as condições dos portos, a capacidade dos portos, as condições das rodovias, a capacidade das rodovias e a segurança dos portos e rodovias;

VI) Fator Ambiente institucional: disponibilidade de crédito, acesso ao crédito, a taxas de juros diferenciadas, parceria com centros de pesquisas, legalização das áreas de produção, ações governamentais, legislação sanitária, atuação do serviço de inspeção, cursos de manipulação do fruto, uso de cestos de palha (paneiros), uso de engradados plásticos e doença de chagas.

3. Metodologia

Quanto à abordagem e a natureza da pesquisa, essa se classifica como qualitativa e quantitativa descritiva, com o propósito de investigar as perspectivas dos agentes-chaves relacionados com os elos de produção do fruto açaí em relação aos fatores de competitividade.

Neste estudo decidiu-se por delimitar a análise na mesorregião nordeste paraense, que foi a região com maior volume de produção extrativista nos últimos doze anos.

Para esta pesquisa, foi utilizado o método *Rapid Appraisal* (RA), que fora utilizado em trabalhos anteriores por Pinazza (2008), Batalha e Souza filho (2009), Melz (2010) e Barchet (2012). O RA também conhecido como pesquisa rápida ou pesquisa rural rápida, tem sido aplicado para responder às desvantagens das abordagens tradicionais de pesquisa aplicadas nos estudos de cadeias produtivas. Esse método é amplamente utilizado em análises de sistemas agroindustriais, principalmente na execução de estudos de curta duração e abrangência, limitação de recursos financeiros e de dados primários.

O RA também é caracterizado pela aplicação de questionário semiestruturado, que é designado para gerar uma documentação rápida que objetiva avaliar os componentes mais importantes a serem considerados, assim como diminuir os custos de pesquisas com grandes volumes de dados (SILVA; SOUZA FILHO, 2007).

A pesquisa foi aplicada no período de julho a setembro de 2016 e o processo de amostragem adotado foi o não probabilístico intencional (por conveniência) para os produtores de açaí, cuja população é desconhecida.

Na tabela 1 encontra-se o número de produtores que foram entrevistados e produziram informações para a análise. Além dos produtores foram entrevistados a título de contribuição

com mais informações sobre a referida cadeia, cinco intermediários da venda do fruto e nove representantes de organizações relacionadas direta ou indiretamente com a cadeia.

Tabela 1 - Amostra de entrevistas realizadas com os produtores da cadeia

Agentes-chaves	Nº de entrevistados	Local/cidade
Produtores de terra firme (com e sem irrigação)	10	Tomé-Açu; Inhangapi;
Produtores de várzea	10	Cametá; Igarapé-Miri
Total de produtores entrevistados	20	

Fonte: Próprio autores

O questionário semiestruturado foi composto de direcionadores de competitividade que permitem a compreensão do efeito agregado e que possam ser mensurados por meio de indicadores de desempenho ou de subfatores de competitividade, onde para cada pergunta relacionada com um subfator de competitividade o entrevistado atribuía uma avaliação por uma escala *likert*.

A escala do tipo *likert*, tem uma variação de “muito desfavorável” (MD) = -2 a “muito favorável” (MF) = +2 à competitividade. Como valores intermediários têm-se: “desfavorável” (D) = -1, “neutro” (N) = 0 e “favorável” (F) = 1, conforme Figura 1. Dessa forma os subfatores podem ser avaliados qualitativamente e quantitativamente, considerando pesos iguais de importância para todos, uma vez que os agentes entrevistados poderiam ter pouca visão sistêmica da cadeia ou pouco conhecimento (expertise) sobre outros elos da cadeia.

Figura 1 – Escala *Likert* para a avaliação dos fatores e subfatores de competitividade

Muito Desfavorável	Desfavorável	Neutro	Favorável	Muito Favorável
$MD \leq -1,5$	$-1,49 \leq D \leq -0,5$	$-0,499 \geq N \geq 0,499$	$0,5 \leq F \leq 1,499$	$1,5 \leq MF$

Fonte: Próprio autores

A avaliação dos fatores de competitividade corresponde à média do somatório dos subfatores de mesma natureza, e fazendo uso da mesma escala *likert* da Figura 1, chegou-se a avaliação qualitativa dos fatores.

4. Resultados

Nessa seção apresentam-se as perspectivas dos produtores de terra firme e de várzea sobre a competitividade da cadeia do açaí, de acordo com os fatores de competitividade estabelecidos no presente trabalho.

4.1. Insumos

De acordo com a Figura 2, na avaliação final de competitividade do fator insumo, os produtores de terra firme consideram neutro (N) = 0,41 e os produtores de várzea como favorável (F) = 0,61 para a competitividade.

Figura 2 – Avaliação de competitividade do fator Insumos e dos subfatores

Insumos	Terra firme	Várzea
Capacitação de mão-de-obra	0,10	0,60
A disponibilidade de terras	0,90	1,10
O preço da terra no PA	1,00	0,40
O custo da mão-de-obra na produção	-0,70	-0,20
O custo de produção	0,20	0,60
O custo de estocagem	1,00	0,80
Condições climáticas	0,40	1,00
Avaliação	0,41	0,61

Fonte: Pesquisa de campo

4.2. Tecnologia

De acordo com a Figura 3, na avaliação final de competitividade do fator tecnologia, os produtores de terra firme consideram favorável (F) = 0,87 e os produtores de várzea como favorável (F) = 1,03 para a competitividade.

Figura 3 – Avaliação de competitividade do fator Tecnologia e dos subfatores

Tecnologia	Terra firme	Várzea
Realização do manejo	1,30	1,10
Cultivo em várzea	1,60	1,80
Cultivo em terra firme	-0,30	0,20
Avaliação	0,87	1,03

Fonte: Pesquisa de campo

4.3. Estrutura de mercado

De acordo com a Figura 4, na avaliação final de competitividade do fator estrutura de mercado, os produtores de terra firme consideram favorável (F) = 0,57 e os produtores de várzea como favorável (F) = 0,55 para a competitividade.

Figura 4 – Avaliação de competitividade do fator Estrutura de mercado e dos subfatores

Mercado	Terra firme	Várzea
Nº de indústrias processadoras	0,40	0,20
Preço do fruto açaí	1,40	1,70
Diferenciação de produtos	0,40	0,70
Capacidade de ampliação da escala produção	1,00	0,70
Ociosidade no processamento do fruto	-0,70	-0,90
Certificação de qualidade	0,90	0,90
Avaliação	0,57	0,55

Fonte: Pesquisa de campo

4.4. Estrutura de governança e coordenação

De acordo com a Figura 5, na avaliação final de competitividade do fator estrutura de governança e coordenação da cadeia, os produtores de terra firme consideram favorável (F) = 0,52 e os produtores de várzea como neutro (N) = 0,46 para a competitividade.

Figura 5 – Avaliação de competitividade do fator Estrutura de governança e coordenação e dos subfatores

Governança e coordenação	Terra firme	Várzea
Existência e atuação de Associações/cooperativas	0,60	0,20
Participação dos intermediários	-0,20	1,00
Disseminação de informação	1,00	0,30
Relacionamento com intermediário	0,20	0,60
Relacionamento produtor/indústria	1,00	0,20
Avaliação	0,52	0,46

Fonte: Pesquisa de campo

4.5. Armazenagem e transporte

De acordo com a Figura 6, na avaliação final de competitividade do fator armazenagem e transporte, os produtores de terra firme consideram neutro (N) = 0,33 e os produtores de várzea como neutro (N) = 0,13 para a competitividade.

Figura 6 – Avaliação de competitividade do fator Armazenagem e transporte e dos subfatores

Armazenamento e transporte	Terra firme	Várzea
Capacidade de armazenagem do fruto	0,80	1,10
Capacidade de armazenagem da polpa	0,70	0,10
Localização da indústria	0,50	0,10
Transporte do fruto in natura	0,80	1,10
O custo do transp. do fruto M interno	1,00	0,20
O custo do transp. do fruto M externo	0,00	-0,20
As condições dos portos	-0,20	-0,20
A capacidade dos portos	-0,20	-0,20
As condições das rodovias	0,80	0,20
A capacidade das rodovias	0,40	0,20
A segurança das rodovias/portos	-1,00	-1,00
Avaliação	0,33	0,13

Fonte: Pesquisa de campo

4.6. Ambiente institucional

De acordo com a Figura 7, na avaliação final de competitividade do fator armazenagem e transporte, os produtores de terra firme consideram neutro (N) = -0,04 e os produtores de várzea como neutro (N) = -0,15 para a competitividade.

Figura 7 – Avaliação de competitividade do fator Ambiente institucional e dos subfatores

Ambiente Institucional	Terra firme	Várzea
Disponibilidade de crédito	-0,40	0,00
Acesso ao crédito	-0,90	-0,40
Taxas de juros diferenciadas	-0,10	-0,20
Parcerias com centro de pesquisas	0,70	0,30
Legalização das áreas de produção	-0,90	-1,40
Ações governamentais	-0,30	-0,50
Legislação sanitária	0,30	0,00
Atuação do serviço de inspeção	-0,20	-0,20
Cursos de manipulação do fruto	0,80	0,90
Paneiros/Rasas	0,50	0,20
Engradados plásticos (basquetas)	1,10	0,90
Doença de chagas	-1,10	-1,40
Avaliação	-0,04	-0,15

Fonte: Pesquisa de campo

5. Considerações finais

Dentro das perspectivas dos produtores de terra firme e de várzea, os fatores de competitividade com impacto positivo na cadeia, são os insumos, a tecnologia, estrutura de mercado e estrutura de governança e coordenação. Os fatores com impacto neutro para a competitividade aparecem armazenagem e transporte e o ambiente institucional.

Os resultados apontam para um aspecto importante no aprendizado de gestão socioambiental, ambos os tipos de produtores, sinalizam para uma competitividade favorável no elo de produção da cadeia e possibilitam que ambos os tipos de produção, terra firme e várzea, se complementem. Embora os custos de produção sejam diferentes, sendo mais onerosos no plantio de terra firme, a partir de novos investimentos e de novas políticas públicas no aumento de escala de produção em terra firme, esse tipo de fomento poderia aumentar a sustentabilidade da cadeia, que atualmente é satisfatória no ambiente de várzea.

Ainda como resultado do esforço de compreensão de parte da cadeia do açaí, pode-se constatar aspectos positivos e negativos, segundo as percepções dos agentes entrevistados. Como aspectos positivos, têm-se: os produtores apresentam melhor acesso a posto de saúde e a educação; o açaí é a principal fonte de renda dos produtores; a maioria dos produtores realiza o manejo, propiciando aumento na quantidade produzida; novas técnicas de coleta dos

frutos nos açazais de terra firme estão sendo difundidas; o associativismo e o cooperativismo, ainda que de forma incipiente, tem apresentado resultados favoráveis aos produtores e os pólos de comercialização estão definidos.

Destacam-se como aspectos negativos: ameaça ao meio ambiente por meio do manejo intensivo e de forma irregular; na coleta do fruto ainda se emprega mão-de-obra infantil; a precariedade dos direitos de propriedade em áreas de produção ou extração inviabiliza novos investimentos por parte do produtor; os intermediários exercem forte influência na determinação do preço do fruto; as estradas e portos da região possuem precárias condições de transbordo e de segurança; e ainda ocorre em menor escala a contaminação do açaí pela doença de chagas em algumas localidades do Pará que não cumprem as regulamentações sanitárias.

Observou-se que os produtores de açaí exercem um trabalho em condições difíceis, vivendo em localidades distantes dos grandes centros urbanos e que ainda carecem de serviços básicos como saneamento.

No decorrer da pesquisa se teve dificuldade de acesso a muitos dos entrevistados devido às restrições de horários e localização distante. Por mais que se tenha seguido o rigor científico para a consecução dos resultados, o estudo limitou-se a uma restrita amostra de produtores de algumas localidades e o número restrito de fatores e subfatores de competitividade.

Dessa forma, como sugestão para futuras pesquisas e ações, sugere-se o aumento do número de agentes-chaves a serem entrevistados na referida cadeia e a identificação de instrumentos de política e identificação de agentes responsáveis quanto à execução. Sendo assim, o estudo dos demais elos da cadeia produtiva do açaí poderá contribuir de forma sistêmica no melhor entendimento de funcionamento da mesma.

REFERÊNCIAS

BARCHET, ISABELA. Avaliação da competitividade da cadeia produtiva de carne ovina no Rio Grande do Sul. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Santa Maria, 2012

BATALHA, M. O. SILVA, A. L. S. Gerenciamento de sistemas agroindustriais: Definições, especificidades e correntes Metodológicas. In: BATALHA, M. O. e LIMA, E. F (Coord.) Gestão Agroindustrial, v.1, 3ª Ed. São Paulo, Atlas, 2007

BATALHA, MÁRIO OTÁVIO; SOUZA FILHO, HILDO MEIRELLES DE. Agronegócio no Mercosul: uma agenda para o desenvolvimento. São Paulo: Atlas, 2009.

BATISTA, KATHARINE TAVARES. Avaliação da sustentabilidade de agroecossistemas familiares agroextrativistas de açaizeiros na região das ilhas do município de Cametá, Pará. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Pará. Núcleo de Ciências Agrárias e Desenvolvimento Rural, 2013

CANTO, SÉRGIO ARUANA ELARRAT. Contribuição da ergonomia com base na análise postural durante a coleta dos frutos. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Santa Catarina, 2001

CARDOZO, ERNESTO GÓMEZ. MUCHAVISOY, HENRY MAVIZOY. SILVA, HULDA ROCHA. ZELARAYÁN, MARCELO LUÍS CORRÊA. LEITE, MÁRCIO FERNANDES ALVES. ROUSSEAU, GUILLAUME XAVIER. GEHRING, CHRISTOPH. Species richness increases income in agroforestry systems of eastern Amazônia. *Agroforestry Systems*. Springer. July, 2015. Doi 10.1007/s10457-015-9823-9

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. Conjuntura de açaí de 01 a 30 de abril de 2016. Disponível em <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_05_09_11_55_19_conjuntura_de_acai_abr_-16-1.pdf>. Acesso em junho de 2017.

CORRÊA, ROSIVANDERSON BAIA. Do território recurso ao território abrigo: modo de vida e o processo de valorização do açaí no município de Cametá-PA. Dissertação de Mestrado. UFPA. Belém, 2010

FARINA, ELIZABETH M.M.Q. ZYLBERSZTAJN, DECIO. Competitividade no agri business brasileiro: introdução e conceitos. São Paulo: PENSA/FIA/FEA/USP, 1998

FARINA. ELIZABETH M. M. Q. Competitividade e Coordenação de Sistemas Agroindustriais: Um ensaio conceitual. *Revista Gestão e Produção*. V6, n. 3, Dez, 1999, P. 147-161

HOMMA, ALFREDO K. O.. Entrevista para o site opinião & Notícia. Açaí: o ouro negro pode ser um vilão para a Amazônia? Aumento do consumo poderia representar risco para a floresta, dizem veículos da mídia internacional. Repórter Fernanda Dias. 13 de março de 2012. Disponível em < <http://opiniaoenoticia.com.br/brasil/acai-o-ouro-negro-pode-ser-um-vilao-para-a-amazonia/>>. Acesso em Jun/2017

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 15 Jun. 2016.

LEWIS, JENIFFER A.. The power of knowledge: information transfer and açaí intensification in the peri-urban interface of Belém, Brazil. *Agroforestry Systems*. November, 2008

MELZ, LAÉRCIO JUAREZ. Competitividade da cadeia produtiva de carne de frango em Mato Grosso: Avaliação dos segmentos de avicultura e processamento. Dissertação de Mestrado. Dep/UFSCAR. São Carlos, 2010

NOGUEIRA, ANA KARLLA MAGALHÃES. As tecnologias utilizadas na produção de açaí e seus benefícios socioeconômicos no Estado do Pará. Dissertação de mestrado. Universidade Federal Rural do Pará. Ciências florestais. 2011

NOGUEIRA, OSCAR LAMEIRA. FIGUEIREDO, FRANCISCO JOSÉ CÂMARA. MULLER, ANTÔNIO AGOSTINHO. Açaí. *Sistemas de produção* 4. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2005

PINAZZA, GUSTAVO GALVÃO DE. Análise da competitividade da cadeia produtiva da soja no Brasil vis-à-vis os demais países exportadores Sul-Americanos. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal de São Carlos, 2008

ROMAN, DARLAN JOSÉ. PIANA, JANAINA. LOZANO, MARIE ANNE STIVAL PEREIRA E LEAL. MELLO, NELSON RUBEN DE. ERDMANN, ROLF HERMANN. Fatores de competitividade organizacional. *Brazilian Business Review*. V.9, n.1, Vitória, Jan-

Mar, 2012

SANT'ANA, KARLA CHRISTINE TAVARES DE. Mercado justo e solidário como contribuição ao desenvolvimento sustentável: um estudo das representações econômico-sociais do comércio do açaí pelo município de Codajás. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Amazonas – UFAM. Programa de Pós-Graduação em Ciências do ambiente e sustentabilidade da Amazônia. 2006

SILVA, CARLOS A. DA. SOUZA FILHO, HILDO M. DE. Guidelines for rapid appraisals of agrifood chain performance in developing countries. Agricultural management, marketing and finance occasional paper. Food and agriculture organization of the united nations. Rome, 2007

Capítulo 25

PRECIFICAÇÃO DE SERVIÇOS METROLÓGICOS UTILIZANDO O CUSTEIO BASEADO EM ATIVIDADES NO LABORATÓRIO DE METROLOGIA DE UMA INSTITUIÇÃO FEDERAL DE ENSINO SUPERIOR EM FORTALEZA/CE

Geraldo Almiro De Araujo Neto
Tayse Mesquita De Sousa
Abdias Kelly De Paiva Neto
Maxweel Veras Rodrigues
Luiz Soares Junior

PRECIFICAÇÃO DE SERVIÇOS METROLÓGICOS UTILIZANDO O CUSTEIO BASEADO EM ATIVIDADES NO LABORATÓRIO DE METROLOGIA DE UMA INSTITUIÇÃO FEDERAL DE ENSINO SUPERIOR EM FORTALEZA/CE

Geraldo Almiro De Araujo Neto

Tayse Mesquita De Sousa

Abdias Kelly De Paiva Neto

Maxweel Veras Rodrigues

Luiz Soares Junior

Resumo

O elevado grau de acirramento dos mercados motiva as organizações a possuírem um maior controle de seus gastos. Com o objetivo de aumentar a competitividade de um Laboratório de Metrologia em uma instituição de ensino superior perante seus concorrentes, este trabalho visa, através da aplicação do método de custeio baseado em atividades (ABC), encontrar o melhor preço a ser praticado. Através do mapeamento de processos, levantou-se os custos relativos às suas operações mais importantes. Através dos custos, calculou-se, então, as margens de contribuição dos serviços e, posteriormente, foi feita a precificação dos produtos através do uso de Mark-Up. O ponto de equilíbrio contábil também foi calculado, com o objetivo de gerar informações para que o resultado da organização pudesse ser maximizado.

Palavras-chave: serviços de metrologia, custeio abc, preço de venda

1. Introdução

O grau de acirramento encontrado nos mercados estimula as organizações a controlar gastos, calcular suas margens de contribuição, avaliar concorrentes e inúmeros outros estudos para entender melhor o caminho que se está percorrendo e conseguir prever de forma embasada o futuro, a fim de tomar decisões mais assertivas à curto, médio e longo prazo. Com o objetivo de se diferenciar em um meio tão concorrido, as empresas têm buscado, cada vez mais, um diferencial que possa ajuda-las a conseguir uma melhoria significativa em seu processo. Tal afirmação não é verdadeira para a maioria das empresas de prestação de serviço, em especial

àquelas ligadas à área da manutenção, pois não julgam tão importantes este diferencial, uma vez que consideram a concorrência um sinônimo de preços mínimos.

Tendo em vista as informações acima citadas e o cenário atual para o mercado de manutenção, realizou-se um estudo em um laboratório de metrologia com o intuito de levantar informações-chaves com respeito a seus custos, despesas e margens de contribuição para que, conseqüentemente, o referido laboratório possa obter uma vantagem competitiva perante seus concorrentes.

Para responder aos questionamentos da organização em relação à suas finanças e seus processos será utilizado o método de custeio baseado em atividades. O método busca alocar os gastos com mão de obra, materiais e custos indiretos a cada atividade realizada no processo de calibração de cada serviço prestado pelo laboratório.

O trabalho propõe-se atender tais objetivos levando em conta não só os benefícios para a organização, mas os benefícios ligados à área científica, promovendo um estudo de natureza rara dentro do campo metrológico e ainda proporcionando benefícios para o mercado e a sociedade, facilitando assim a integração sociedade-academia-mercado.

2. Referencial teórico

2.1. Classificação de gastos

Dubois, Kulpa e Souza (2009) relacionam a aquisição de bens e serviços que originam futuramente um desembolso para empresa como um gasto, quando o gasto gera um desembolso para a organização seu conceito fica muito abrangente, podendo ser classificado como um investimento, custo, despesa, desperdício ou perda.

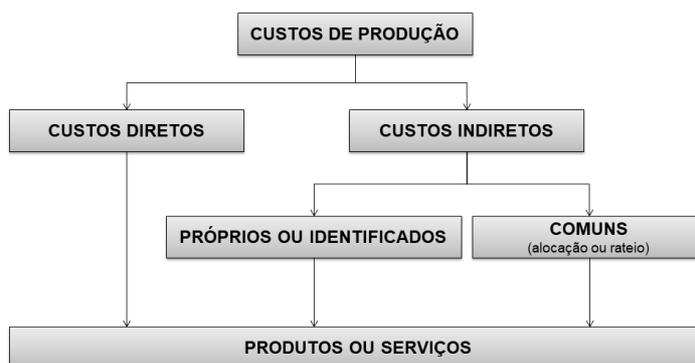
2.1.1. Investimento

Investimento, segundo Bruni e Famá (2012), podem ser tratados como gastos que proporcionarão benefícios em períodos futuros, mas que primariamente ficam congelados no ativo da empresa até serem descongelados e classificados como custos ou despesas. Os investimentos são todos os gastos ocorridos na aquisição de bens que serão estocados pela empresa até seu momento de utilização ou consumo. (DUBOIS, KULPA E SOUZA, 2009).

2.1.2. Custo

Wernke (2008) relaciona os custos com os gastos efetuados no processo de fabricação de bens ou prestação de serviços. Bruni e Famá (2012) consideram que as classificações de custos podem ser relacionadas à sua forma de associação e aplicabilidade dos custos aos produtos elaborados. Segundo Martins (2010), as classificações de custos quanto à aplicabilidade aos produtos podem existir de duas formas: os custos diretos que são classificados com a necessidade de uma medida de consumo para sua identificação e os custos indiretos que não oferecem condições de uma medição objetiva, sendo que, algumas vezes a alocação é feita de maneira estimada e arbitrária.

Figura 1 – Classificação dos custos de produção



Fonte: Adaptado Megliorini (2012, p. 56).

Segundo Bruni e Famá (2012), custos fixos são os custos que não variam seu total com qualquer que seja a variação do volume de produção da empresa. Wernke (2008) identifica os custos variáveis como os custos que estão diretamente relacionados com o volume de produção ou venda. Quanto maior for o volume de produção, maiores serão os custos variáveis totais.

2.1.3. Despesas

Bruni e Famá (2012) afirmam que as despesas não estão associadas à produção dos produtos ou prestação de serviços, mas que correspondem a um bem ou serviço consumido para a obtenção de receitas. Wernke (2008) classifica as despesas como, comerciais, administrativas e financeiras.

2.1.4. Desperdícios e perdas

Segundo Dubois, Kulpa e Souza (2009), desperdício é um gasto que as empresas apresentam pelo fato de não aproveitar de forma normal todos os seus recursos. Bruni e Famá (2012) indicam que as perdas existem quando os bens ou serviços são consumidos de forma anormal. Os autores exemplificam utilizando dois critérios, desperdício é quando o gasto acontece decorrente de fatores externos, extraordinários e não intencionais, a perda ocorre na atividade produtiva normal da empresa.

2.2. Métodos de custeio

Abbas, Gonçalves e Leoncine (2012) afirmam que os métodos de custeio são utilizados pelas organizações para determinar o valor dos objetos de custeio, reduzir custos, melhorar os processos, eliminar desperdícios, etc.

Para Megliorini (2012), a classificação dos métodos de custeio pode ser encontrada de duas formas. Os métodos de custeio tradicionais que tem o foco em alocar custos aos produtos considerando que estes são os fatores geradores, como exemplo, o custeio por absorção e o custeio variável; e os métodos de custeio contemporâneos, que apresentam novas abordagens da gestão de custos, considerando como fatos geradores de custos as atividades que agregam ou não valor e cita exemplo do custeio baseado em atividades.

2.2.1. Custeio baseado em atividade (Custeio ABC)

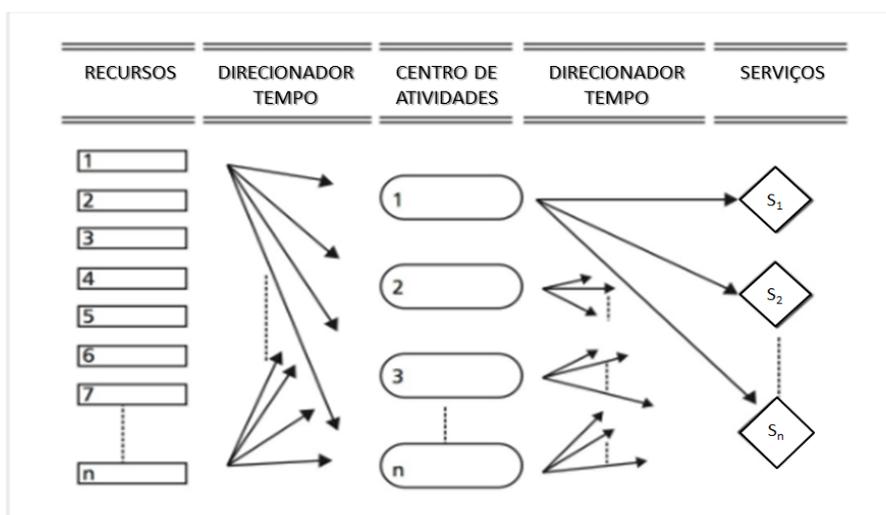
Megliorini (2012) afirma que os métodos de custeio adequados à manufatura tradicional, como o custeio por absorção e o custeio variável, não atendem mais as necessidades informacionais dos gestores. Por conta disso, foi desenvolvida a técnica do custeio baseado em atividades, que considera os recursos de uma empresa os objetos de custos, que serão consumidos pelas atividades, e posteriormente, as atividades serão consumidas pelos produtos, serviços ou outros objetos de custos.

Dubois, Kulpa e Souza (2009) citam ainda que as atividades utilizam os recursos, mas para essa mensuração de utilização dos recursos é necessário estabelecer direcionadores de atividades, que são os elementos utilizados para mensurar a quantidade de custos que as atividades consomem para se produzir um produto ou realizar um serviço.

2.2.2. Custeio baseado em atividade e tempo (Custeio TDABC)

O modelo TDABC permite que várias atividades possam ser combinadas em um único processo por meio de uma equação. No entanto, para obter essa estimativa das equações de tempo é necessário que se descrevam as atividades básicas e todas as grandes variações em torno delas, além de identificar os direcionadores das variações e também estimar os tempos-padrão para as atividades básicas e para cada variação (KAPLAN; ANDERSON, 2007).

Figura 2 – Apropriação de recursos segundo custeio baseado em atividades e tempo



Fonte: Adaptado Cogan (2013, p. 52).

2.3. Precificação por *Mark-up*

Para Vieira (2013), o *Mark-up* pode ser definido como um valor adicionado ao custo. Habitualmente é expresso como um percentual do preço de venda, ou ainda como um aumento sobre um preço originalmente estabelecido.

“O *Mark-up* pode ser calculado de duas formas: multiplicador – mais usual, representa por quanto devem ser multiplicados os custos para se obter o preço de venda a praticar; e divisor – menos usual, representa percentualmente o custo variável em relação ao preço de venda.” (BRUNI e FAMÁ, 2012, p. 268).

Bruni e Famá (2012) indicam que o *Mark-up* e o preço de venda podem ser encontrados de acordo com as equações abaixo.

$$a) \text{ Mark-up Multiplicador} = \frac{1}{1 - \text{Soma de taxas e valores variáveis (\%)}}$$

$$b) \text{ Mark-up Divisor} = 1 - \text{Soma de taxas e valores variáveis (\%)}$$

Figura 3 – Fórmula do preço de venda usando o *Mark-up* multiplicador

$$P = \frac{1}{1 - (I + L)} \times G$$

Fonte: Bruni e Famá (2012, p. 268)

Onde:

G – Gastos (custos e despesas);

I – Impostos percentuais sobre o preço de venda;

L – Lucro em percentual do preço de venda;

P – Preço de venda.

2.4. Margem de contribuição

Segundo Wernke (2008), a margem de contribuição é o valor de saldo da venda após serem descontados todos os custos e despesas variáveis que estão ligadas ao produto comercializado ou ao serviço realizado. O saldo resultante dessa ação contribuirá para diluir os custos e despesas fixas e gerar resultado para o negócio. Para Megliorini (2012) uma empresa só começa a ter resultado financeiro quando a margem de contribuição dos produtos vendidos ou serviços realizados supera todos os gastos fixos no período.

A margem de contribuição pode ser descrita na forma de equação, sendo:

$$MC = PV - GV$$

Onde:

MC – Margem de contribuição

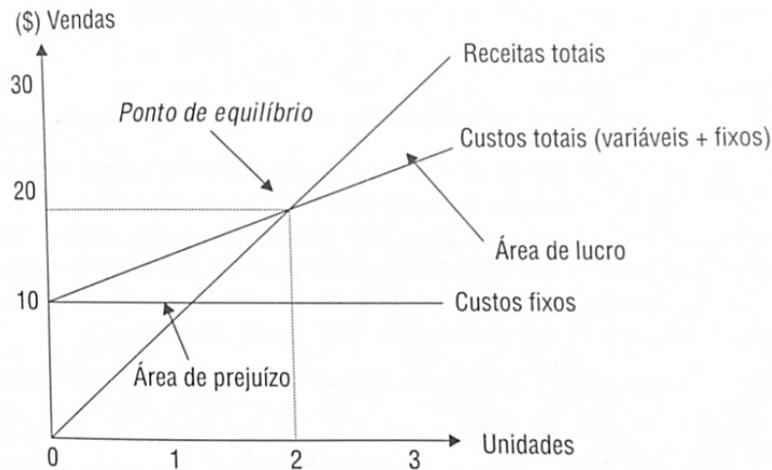
PV – Preço de venda

GV – Gastos variáveis

2.5. Ponto de equilíbrio

Para alcançar o equilíbrio nas linhas de produção e/ou serviços das empresas deverá ser calculado o volume de vendas necessário para cobrir os custos. O ponto em que os custos totais e as receitas totais se igualam é denominado ponto de equilíbrio. A partir desse ponto, a empresa adentra na área de lucratividade. O ponto de equilíbrio é fundamental nas decisões de preços, investimentos, corte de produtos ou serviços, etc. (CREPALDI, 2008).

Figura 4 – Ponto de equilíbrio



Fonte: Wernke (2008, p. 49)

2.5.1. Ponto de equilíbrio contábil

Para Martins (2010), quando uma empresa obtém um montante financeiro capaz de cobrir todos os seus gastos fixos, está aí estabelecido o seu ponto de equilíbrio contábil, dessa forma, no ponto de equilíbrio contábil não haveria resultado nem prejuízo.

Segundo Wernke (2008) o ponto de equilíbrio contábil pode ser determinado utilizando a equação a seguir.

$$PEC = \frac{\text{Gastos fixos}}{\text{Margem de contribuição}}$$

2.5.2. Ponto de equilíbrio financeiro

Bruni (2012), diz que o ponto de equilíbrio financeiro (PEF), representa o volume de vendas, em quantidades ou valores monetários, para gerar um fluxo financeiro do período igual à zero. Para seu cálculo deve-se apenas subtrair os gastos não desembolsáveis, como depreciações, do volume de gastos fixos.

De acordo com Crepaldi (2010) a equação que determina o ponto de equilíbrio financeiro é:

$$PEF = \frac{\text{Gastos fixos} - \text{Gastos não desembolsáveis}}{\text{Margem de contribuição}}$$

2.5.3. Ponto de equilíbrio econômico

O ponto de equilíbrio econômico distingue-se das demais equações de ponto de equilíbrio por incluir uma variável, o lucro desejado pela empresa. Dessa forma, a quantidade de produtos ou serviços que devem ser vendidos para se atingir o resultado desejado é calculada encontrando-se o ponto de equilíbrio econômico (WERNKE, 2008).

Para Wernke (2008) o ponto de equilíbrio econômico pode ser calculado de acordo com a equação:

$$PEE = \frac{\text{Gastos fixos} + \text{Lucro desejado}}{\text{Margem de contribuição}}$$

3. Metodologia

A metodologia do estudo será apresentada em dois tópicos; o primeiro indica a metodologia da pesquisa, em que o trabalho foi classificado, o segundo tópico explicita o método proposto e o objetivo de suas etapas.

3.1. Metodologia da pesquisa

De acordo com Gil (2010), o presente estudo pode ser descrito como estudo de caso, que consiste em analisar alguns objetos, de maneira que permitam que o conhecimento sobre eles seja alcançado, proporcionando uma visão global do problema ou identificando os fatores de influência.

3.2. Método proposto

O método visa apresentar a organização em que se realizou o estudo, detalhando suas atividades, seus processos e suas principais características de acordo com os dados históricos e as observações realizadas no decorrer do estudo.

Na figura 5 descrevem-se as etapas do método proposto para a realização do estudo indicando a sequência lógica para a sua aplicação, além de identificar os objetivos a serem atingidos ao fim de cada etapa.

Figura 5 – Método proposto

Etapas	Objetivos
1. Descrever a organização e analisar dados históricos	Identificar o ramo de atividade e os processos do laboratório
	Conhecer os gastos da organização
2. Classificar os serviços da organização utilizando a curva ABC	Identificar os serviços que mais impactam no faturamento da organização
	Priorizar os serviços para a realização das próximas etapas
3. Mapear processos de negócio e serviços da organização	Descrever os serviços de calibração por meio das atividades
	Identificar os tempos necessários para a realização de cada serviço
4. Aplicar método de custeio para os serviços metrológicos	Alocar os gastos de acordo com cada serviço
	Identificar as atividades e avaliar os serviços que mais consomem recursos
5. Elaborar método de precificação para serviços metrológicos	Definir o preço de venda apropriado para os serviços de calibração de laboratório
	Analisar a diferença entre o preço proposto pelo estudo e o preço praticado pelo laboratório
6. Determinar a margem de contribuição dos serviços	Identificar a margem de contribuição de todos os serviços em análise
	Verificar a necessidade de exclusão de serviços que não agregam valor ao negócio
7. Determinar os pontos de equilíbrio da organização	Verificar a quantidade de serviços que devem ser realizados
	Desenvolver metas de vendas e de produção
8. Analisar resultados em comparação aos concorrentes	Avaliar a competitividade do laboratório frente aos concorrentes
	Avaliar possível redefinição de preços para aumento de competitividade, desenvolvendo melhoria nos processos

Fonte: Elaborado pelos alunos

4. Aplicação do método proposto

Todos os dados utilizados no artigo foram disponibilizados pela organização e o estudo foi construído baseando-se nesses dados, além disso utilizou-se de entrevistas e observações realizadas no laboratório para aplicar o método proposto.

4.1. Etapa 1 – Descrever a organização e analisar dados históricos

O laboratório de metrologia atua há mais de quinze anos na prestação de serviços de medição de instrumentos e calibração de padrões e máquinas nas áreas de controle dimensional e geométrico, força, torque e pressão para universidades, centros de pesquisa e empresas locais e regionais.

Dentro da própria instituição de ensino que está instalada, a organização presta contas com órgãos de força superior, como a instituição superior regional (CREA-CE) e com a instituição de certificação nacional para realização de serviços metrológicos (INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia).

A formação de preço dos serviços do laboratório não segue um método científico, seus preços são baseados na experiência do diretor geral e do gerente da organização, e, em alguns casos, nos preços que os concorrentes aplicam.

Para um maior conhecimento sobre a organização serão coletados os dados históricos, como: gastos, quantidade de serviços realizados e valores de serviços referentes ao período de janeiro de 2016 a junho de 2017. Visando a confidencialidade dos dados do laboratório, os serviços serão descritos como serviços 1, serviço 2, ..., serviço N.

4.2. Etapa 2 – Classificar os serviços da organização utilizando a curva ABC

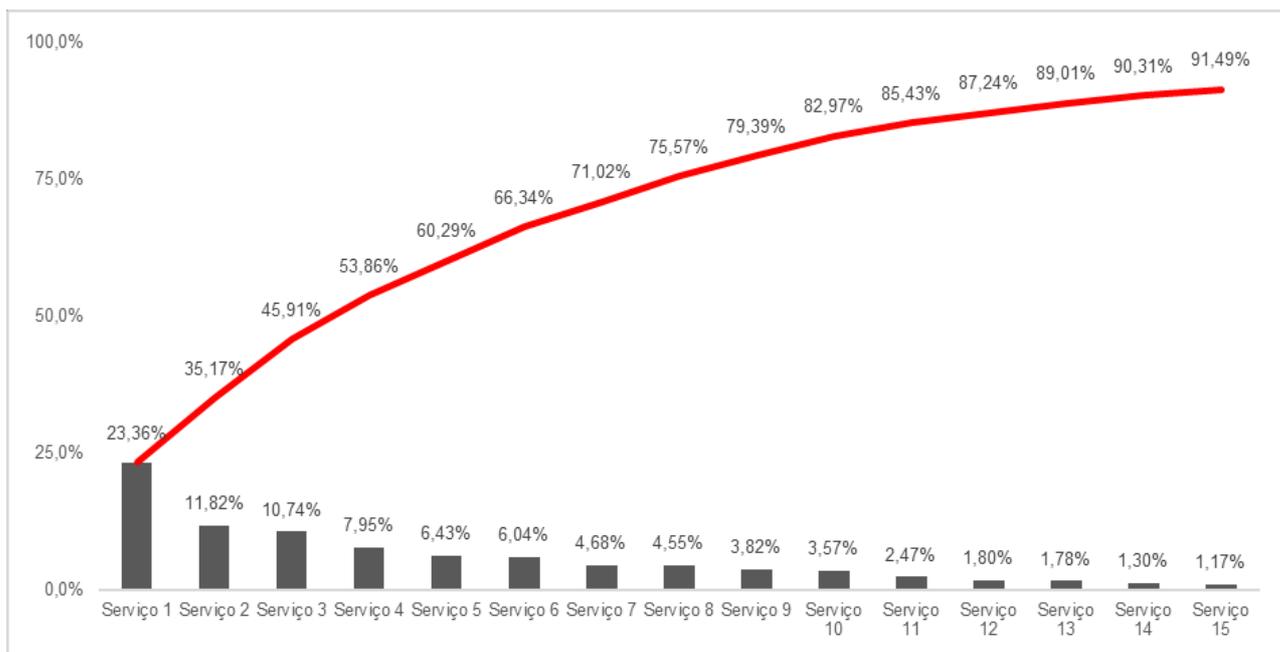
Devido à vasta gama de serviços realizados pela organização, é necessário priorizar os que causam maior impacto nos resultados. Como um método de escolha foram utilizadas planilhas eletrônicas e o diagrama de Pareto.

O método utilizado realizou a multiplicação da quantidade de serviços pelo preço praticado por cada um, ou seja, o faturamento total que o serviço gerou para a organização no período que se baseou o estudo. Utilizando o resultado dessa operação e empregando o valor proporcional que

cada serviço gerou, foi possível identificar os serviços que mais produziram faturamento para o laboratório e classificá-los de acordo com sua importância.

Dessa forma, pelo Diagrama de Pareto foram selecionados 15 serviços para a análise, essa quantidade de serviços representa 91,49% do faturamento acumulado do laboratório no período.

Gráfico 1 – Classificação dos serviços de acordo com o diagrama de Pareto

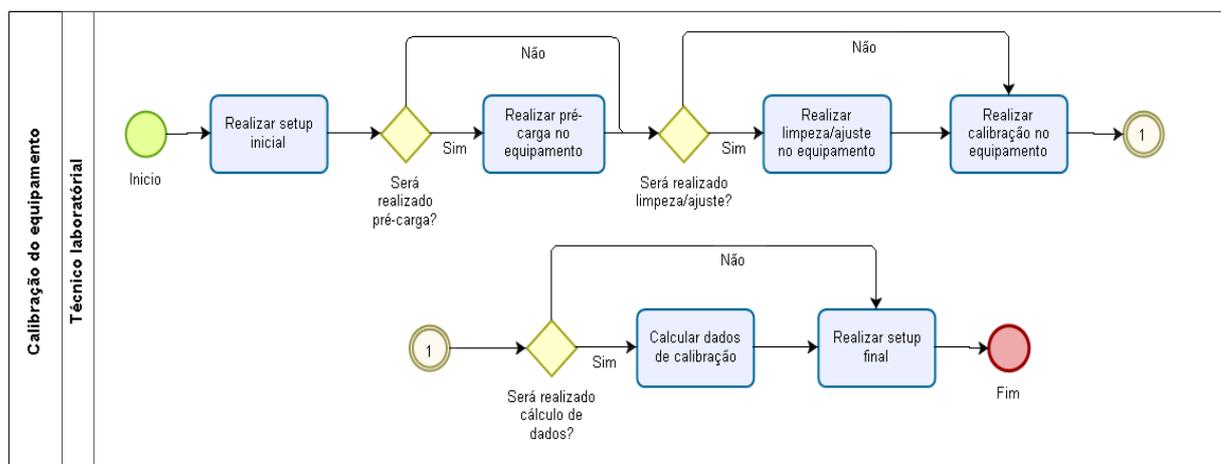


Fonte: Elaborado pelos autores

4.3. Etapa 3 – Mapear processos de negócio e serviços da organização

Foram mapeados o processo geral de negócio do laboratório e o processo da etapa de calibração de cada serviço. Na figura 6, é descrita a etapa de calibração do equipamento, demonstrando o modelo geral da etapa e descrevendo suas atividades. Essa pode ser considerada a etapa de maior importância para o estudo, pois é onde se concentram as atividades que demandam mais recursos humanos, tempo e materiais.

Figura 6 – Processo de calibração de equipamentos de metrologia



Fonte: Elaborado pelos autores.

Juntamente com o mapeamento dos processos, realizaram-se as medições de tempo para a realização de cada etapa de cada serviço, que se encontram na figura 7. Todas as medições foram feitas por observação direta no momento da realização dos serviços de calibração, todos os parâmetros de fadiga e comportamento do operador foram considerados.

Figura 7 – Tempos de atividades dos serviços

Serviço	Setup inicial	Pré-carga	Limpeza /ajuste	Calibração	Cálculo de dados	Setup final	Tempo total de calibração
Serviço 1	21,0000	2,5000	3,0000	10,2500	6,5000	5,0000	48,2500
Serviço 2	8,5000	3,0000	0,0000	136,5000	3,5000	3,0000	154,5000
Serviço 3	15,0000	4,3333	37,5000	49,3333	7,0000	2,0000	115,1667
Serviço 4	11,0000	3,0000	0,0000	65,5000	9,0000	3,0000	91,5000
Serviço 5	5,2500	0,0000	0,0000	20,2500	3,7500	3,5000	32,7500
Serviço 6	5,6000	1,8000	16,0000	20,8000	2,8000	4,0000	51,0000
Serviço 7	11,2500	0,0000	0,0000	36,2500	3,7500	5,5000	56,7500
Serviço 8	11,5000	0,0000	0,0000	44,5000	4,5000	3,5000	64,0000
Serviço 9	13,5000	4,0000	0,0000	21,0000	0,0000	6,5000	45,0000
Serviço 10	18,2500	0,0000	0,0000	26,2500	0,0000	6,0000	50,5000
Serviço 11	17,6667	0,0000	0,0000	17,0000	0,0000	7,0000	41,6667
Serviço 12	10,5000	0,0000	0,0000	55,0000	0,0000	8,0000	73,5000
Serviço 13	10,0000	4,0000	0,0000	35,5000	6,0000	3,5000	59,0000
Serviço 14	19,5000	0,0000	0,0000	14,0000	4,5000	1,5000	39,5000
Serviço 15	7,0000	2,5000	4,5000	23,5000	3,0000	3,0000	43,5000

Fonte: Elaborado pelos autores

4.4. Etapa 4 – Aplicar método de custeio para serviços metrológicos

Inicialmente foi descrito e classificado os gastos da organização, os valores foram recolhidos no banco de dados do laboratório, de um período de tempo de 18 meses. Vale ressaltar que não serão diferenciados no cálculo os custos e as despesas, pois todos serão considerados gastos do período.

Figura 8 – Gastos do laboratório

Gastos	Valor mensal
Técnico de laboratório 1	3042,42
Técnico de laboratório 2	2514,03
Estagiário 1	650
Diretor	
Auxiliar Administrativo	2051,26
Estagiário 2	650
Materiais para calibração	28,49
Depreciação	1028,83
Manutenção predial	10,95
Manutenção de equipamentos	503,24
Auditorias	349,81
Autorizações	282,19
Despesas administrativas	145,22
Despesas comerciais	42,94

Fonte: Elaborado pelos autores

Nos cálculos, foram considerados valores de 220 horas mensais de trabalho, assim como sugere a Consolidação das Leis do Trabalho no Brasil. Dessa forma, todos os gastos indiretos do laboratório foram atribuídos de acordo com os tempos medidos em cada etapa de calibração dos equipamentos.

Os gastos com mão de obra direta e materiais diretos são atribuídos diretamente aos serviços. Os gastos com materiais diretos não foram atribuídos de acordo com a quantidade consumida por cada serviço, visto que os valores utilizados são ínfimos.

Figura 9 – Gasto com mão de obra direta

Função	Total	\$ / hora	\$ / min
Técnico de laboratório 1	3042,42	13,82918	0,23049
Técnico de laboratório 2	2514,03	11,42741	0,19046

Fonte: Elaborado pelos autores

Figura 10 – Consumo de materiais diretos de acordo com os serviços

Serviços	Material 1	Material 2	Material 3	Material 4	Material 5	Total (R\$/serviço)
Serviço 1	0,17178		0,01872	0,01227	0,09018	0,29295
Serviço 2						
Serviço 3	0,17178		0,01872			0,1905
Serviço 4	0,17178		0,01872			0,1905
Serviço 5	0,17178		0,01872			0,1905
Serviço 6	0,17178		0,01872			0,1905
Serviço 7						
Serviço 8		0,13326				0,13326
Serviço 9	0,17178		0,01872			0,1905
Serviço 10	0,17178	0,13326	0,01872			0,32376
Serviço 11	0,17178	0,13326	0,01872			0,32376
Serviço 12	0,17178	0,13326				0,30504
Serviço 13	0,17178		0,01872			0,1905
Serviço 14	0,17178		0,01872			0,1905
Serviço 15	0,17178		0,01872			0,1905

Fonte: Elaborado pelos autores

Os gastos indiretos são alocados aos serviços de acordo com o tempo de realização das atividades. Mede-se o consumo de recursos mensais e realiza-se a divisão desse valor pela quantidade de minutos de trabalho no mês.

Figura 11 – Alocação de gastos com depreciação por serviço

Serviços	Equip. 1	Equip. 2	Equip. 3	Equip. 4	Equip. 5	Equip. 6	Equip. 7	Total (R\$/min)
Serviço 1			0,00182			0,00078		0,00261
Serviço 2		0,00028				0,00078		0,00107
Serviço 3		0,00028			0,00167	0,00078		0,00274
Serviço 4						0,00078		0,00078
Serviço 5								0
Serviço 6	0,01244							0,01244
Serviço 7								0
Serviço 8								0
Serviço 9				0,03586		0,00078		0,03664
Serviço 10								0
Serviço 11								0
Serviço 12							0,00087	0,00087
Serviço 13						0,00078		0,00078
Serviço 14								0
Serviço 15						0,00078		0,00078

Fonte: Elaborados pelos autores

Os gastos com depreciação e os gastos com a manutenção das máquinas e equipamentos do laboratório foram alocados conforme a categoria do serviço, ou seja, para os serviços da categoria dimensional, foram atribuídos apenas os gastos com a manutenção das máquinas e equipamentos utilizados nos serviços da área dimensional, e assim para as outras áreas.

Figura 12 – Alocação de gastos de manutenção de máquinas e equipamentos

Serviços	Manutenção de máq. e equip. (R\$/min)
Serviço 1	0,02407
Serviço 2	0,02407
Serviço 3	0,02407
Serviço 4	0,02407
Serviço 5	0,01405
Serviço 6	0,01405
Serviço 7	0,01405
Serviço 8	0,01405
Serviço 9	0,02407
Serviço 10	0,01405
Serviço 11	0,01405
Serviço 12	0,01405
Serviço 13	0,02407
Serviço 14	0,01405
Serviço 15	0,02407

Fonte: Elaborado pelos autores

O método de custeio utilizado no estudo emprega o modelo de custeio baseado em atividades usando como principal direcionar o tempo. O método indica atribuir os gastos diretos considerando o tempo observado nas medições, e os gastos indiretos, são atribuídos de acordo com os tempos medidos para a execução das atividades de cada serviço.

Figura 13 – Gastos indiretos alocados aos serviços

Serviços	Depreciação (R\$/min)	Manutenção de máq. e equip. (R\$/min)	Demais gastos indiretos (R\$/min)	Gasto indireto total (R\$/min)
Serviço 1	0,00261	0,02407	0,31684	0,34353
Serviço 2	0,00107	0,02407	0,31684	0,34199
Serviço 3	0,00274	0,02407	0,31684	0,34366
Serviço 4	0,00078	0,02407	0,31684	0,3417
Serviço 5		0,01405	0,31684	0,3309
Serviço 6	0,01244	0,01405	0,31684	0,34333
Serviço 7		0,01405	0,31684	0,3309
Serviço 8		0,01405	0,31684	0,3309
Serviço 9	0,03664	0,02407	0,31684	0,37756
Serviço 10		0,01405	0,31684	0,3309
Serviço 11		0,01405	0,31684	0,3309
Serviço 12	0,00087	0,01405	0,31684	0,33177
Serviço 13	0,00078	0,02407	0,31684	0,3417
Serviço 14		0,01405	0,31684	0,3309
Serviço 15	0,00078	0,02407	0,31684	0,3417

Fonte: Elaborados pelos autores

Figura 14 – Método de custeio baseado em atividades

Serviço	(1) MOD (R\$/min)	(2) Materiais (R\$/Serviço)	(3) Gastos indiretos (R\$/min)	(4) Tempo de calibração (min)	Gasto / serviço [(1x4)+2+(3x4)] (R\$)
Serviço 1	0,23049	0,29295	0,34353	48,25	27,98992
Serviço 2	0,23049	0	0,34199	154,5	47,40927
Serviço 3	0,23049	0,1905	0,34366	115,167	66,31493
Serviço 4	0,23049	0,1905	0,3417	91,5	52,54733
Serviço 5	0,19046	0,1905	0,3309	32,75	17,26555
Serviço 6	0,19046	0,1905	0,34333	51	27,41493
Serviço 7	0,19046	0	0,3309	56,75	29,58806
Serviço 8	0,19046	0,13326	0,3309	64	33,50129
Serviço 9	0,23049	0,1905	0,37756	45	27,5534
Serviço 10	0,19046	0,32376	0,3309	50,5	26,65322
Serviço 11	0,19046	0,32376	0,3309	41,667	22,04774
Serviço 12	0,19046	0,30503	0,33177	73,5	38,69017
Serviço 13	0,23049	0,1905	0,3417	59	33,95064
Serviço 14	0,19046	0,1905	0,3309	39,5	20,78483
Serviço 15	0,23049	0,1905	0,3417	43,5	25,08145

Fonte: Elaborado pelos autores

4.5. Etapa 5 – Elaborar método de precificação para serviços metrológicos

Utilizou-se o *Mark-up* multiplicador a fim de calcular o preço adequado que deve ser cobrado pelo serviço. Para o cálculo utilizam-se valores percentuais que representam as taxas variáveis ligadas as vendas dos serviços. O laboratório apresenta três taxas variáveis.

A primeira está relacionada à locação do espaço do laboratório, em que é cobrado um percentual de 10% do faturamento para a instituição na qual a organização está instalada. O segundo percentual é cobrado um percentual de 10% do faturamento para arcar com gastos referentes ao fisco e administração dos colaboradores. Por fim, estima-se que a organização deva ser lucrativa para manter sua saúde financeira, dessa maneira, em discussão com o gestor do negócio estimou-se que o resultado desejado deva ser de 20% do faturamento.

Figura 15 – Determinação do preço de venda dos serviços

Serviço	Gastos / serviço (R\$)	% órgão 1	% órgão 2	% resultado	Total	Mark-up Multiplicador	Preço de venda (R\$)
Serviço 1	27,98992	0,1	0,1	0,2	0,4	1,66667	46,64986
Serviço 2	47,40927	0,1	0,1	0,2	0,4	1,66667	79,01545
Serviço 3	66,31493	0,1	0,1	0,2	0,4	1,66667	110,52488
Serviço 4	52,54733	0,1	0,1	0,2	0,4	1,66667	87,57889
Serviço 5	17,26555	0,1	0,1	0,2	0,4	1,66667	28,77591
Serviço 6	27,41493	0,1	0,1	0,2	0,4	1,66667	45,69155
Serviço 7	29,58806	0,1	0,1	0,2	0,4	1,66667	49,31344
Serviço 8	33,50129	0,1	0,1	0,2	0,4	1,66667	55,83548
Serviço 9	27,5534	0,1	0,1	0,2	0,4	1,66667	45,92233
Serviço 10	26,65322	0,1	0,1	0,2	0,4	1,66667	44,42203
Serviço 11	22,04774	0,1	0,1	0,2	0,4	1,66667	36,74623
Serviço 12	38,69017	0,1	0,1	0,2	0,4	1,66667	64,48362
Serviço 13	33,95064	0,1	0,1	0,2	0,4	1,66667	56,58441
Serviço 14	20,78483	0,1	0,1	0,2	0,4	1,66667	34,64139
Serviço 15	25,08145	0,1	0,1	0,2	0,4	1,66667	41,80242

Fonte: Elaborado pelos autores

O preço de venda determinado para os serviços pode sofrer variações de inúmeras formas, seja pela raridade do tipo de serviço prestado, seja pela quantidade de concorrentes no mercado de atuação.

A figura 16 destaca o preço de venda praticado atualmente pelo laboratório, comparado ao preço de venda sugerido ao fim do estudo. Na quarta coluna, visualiza-se a diferença entre o preço de venda praticado atualmente e o preço de venda sugerido.

Figura 16 – Comparação do preço de venda atual com o preço de venda sugerido

Serviço	Preço de venda sugerido (R\$)	Preço de venda atual (R\$)	Diferença do preço de venda (R\$)
Serviço 1	46,65	63	16,35
Serviço 2	79,02	530	450,98
Serviço 3	110,52	400	289,48
Serviço 4	87,58	190	102,42
Serviço 5	28,78	55	26,22
Serviço 6	45,69	80	34,31
Serviço 7	49,31	70	20,69
Serviço 8	55,84	110	54,16
Serviço 9	45,92	400	354,08
Serviço 10	44,42	52	7,58
Serviço 11	36,75	35	-1,75
Serviço 12	64,48	120	55,52
Serviço 13	56,58	230	173,42
Serviço 14	34,64	24	-10,64
Serviço 15	41,8	60	18,2

Fonte: Elaborado pelos autores

Observa-se que a grande maioria dos serviços da organização apresenta um preço de venda superior ao definido pelo estudo, ocasionando um percentual de lucro maior que o percentual de resultado estabelecido de 20%. Isso significa que a maioria dos serviços estão com um preço mais alto do que o necessário para cobrir seus gastos e ainda gerar o resultado desejado. Nota-se um desempenho inferior do preço de venda dos serviços 11 e 14.

4.6. Etapa 6 – Determinar a margem de contribuição dos serviços

Para o cálculo da margem de contribuição unitária e margem de contribuição percentual, foram considerados os preços atuais dos serviços, com exceção dos serviços 11 e 14, que sofreram um acréscimo no seu valor como indicado no cálculo de formação de preço de venda, dessa forma os valores passaram a ser, R\$ 36,75 para o serviço 11 e R\$ 34,64 para o serviço 14.

Todos os serviços analisados apresentam excelentes margens de contribuição, todos com margens superiores a 74%, implicando em uma excelente carteira de serviços vendidos.

Figura 17 – Cálculo da margem de contribuição para os serviços de metrologia

Serviço	Preço de venda (R\$)	(-) Gastos variáveis (R\$)	(=) Margem de contribuição unitária (R\$)	Margem de contribuição (%)
Serviço 1	63	15,21	47,79	75,86%
Serviço 2	530	114,02	415,98	78,49%
Serviço 3	400	85,31	314,69	78,67%
Serviço 4	190	39,92	150,08	78,99%
Serviço 5	55	12,92	42,08	76,50%
Serviço 6	80	18,1	61,9	77,38%
Serviço 7	70	15,58	54,42	77,74%
Serviço 8	110	23,75	86,25	78,41%
Serviço 9	400	85,48	314,52	78,63%
Serviço 10	52	12,5	39,5	75,97%
Serviço 11	36,75	9,45	27,3	74,30%
Serviço 12	120	25,92	94,08	78,40%
Serviço 13	230	49,55	180,45	78,45%
Serviço 14	34,64	8,85	25,79	74,45%
Serviço 15	60	13,92	46,08	76,79%

Fonte: Elaborado pelos autores

4.7. Etapa 7 – Determinar os pontos de equilíbrio da organização

De acordo com a quantidade de serviços realizados no período e considerando a margem de contribuição de cada serviço, é imprescindível analisar o quanto cada serviço é importante para o faturamento da organização.

Figura 18 – Margem de contribuição ponderada

Serviços	Margem de contribuição unitária (R\$)	Serviços realizados no período	Margem de contribuição ponderada
Serviço 1	R\$ 47,79	815	R\$ 17,58
Serviço 2	R\$ 415,98	49	R\$ 9,20
Serviço 3	R\$ 314,69	59	R\$ 8,38
Serviço 4	R\$ 150,08	92	R\$ 6,23
Serviço 5	R\$ 42,08	257	R\$ 4,88
Serviço 6	R\$ 61,90	166	R\$ 4,64
Serviço 7	R\$ 54,42	147	R\$ 3,61
Serviço 8	R\$ 86,25	91	R\$ 3,54
Serviço 9	R\$ 314,52	21	R\$ 2,98
Serviço 10	R\$ 39,50	151	R\$ 2,69
Serviço 11	R\$ 27,30	155	R\$ 1,91
Serviço 12	R\$ 94,08	33	R\$ 1,40
Serviço 13	R\$ 180,45	17	R\$ 1,38
Serviço 14	R\$ 25,79	119	R\$ 1,39
Serviço 15	R\$ 46,08	43	R\$ 0,89

Fonte: Elaborado pelos autores

A margem de contribuição real do *mix* de serviços da organização é igual a soma das margens de contribuição ponderada dos serviços, dessa forma, a margem de contribuição do *mix* de serviços do laboratório é R\$ 70,73.

Com esse valor é possível calcular os pontos de equilíbrio contábil, financeiro e econômico para o laboratório, demonstrados na figura 19.

Figura 19 – Pontos de equilíbrio do *mix* de serviços

1)	Margem de contribuição geral	R\$70,73
2)	Gastos fixos mensais - Depreciação	R\$10.081,54
3)	Ponto de equilíbrio financeiro (2 / 1)	143
4)	Gastos fixos mensais	R\$11.110,37
5)	Ponto de equilíbrio contábil (4 / 1)	157
6)	Gastos fixos mensais + Resultado	R\$13.887,96
7)	Ponto de equilíbrio econômico (6 / 1)	196

Fonte: Elaborado pelos autores

Foi determinado o ponto de equilíbrio geral, dessa forma, considerando os dados do *mix* de vendas visto no período de análise, pode-se acreditar que os pontos de equilíbrio serão alcançados quando a organização vender a quantidade estipulada.

Figura 20 – Ponto de equilíbrio dos serviços considerando o *mix* de vendas

Serviços	Ponto de equilíbrio financeiro	Ponto de equilíbrio contábil	Ponto de equilíbrio econômico
Serviço 1	52	58	72
Serviço 2	3	3	4
Serviço 3	4	4	5
Serviço 4	6	7	8
Serviço 5	17	18	23
Serviço 6	11	12	15
Serviço 7	9	10	13
Serviço 8	6	6	8
Serviço 9	1	1	2
Serviço 10	10	11	13
Serviço 11	10	11	14
Serviço 12	2	2	3
Serviço 13	1	1	2
Serviço 14	8	8	11
Serviço 15	3	3	4
Ponto de equilíbrio total	143	157	196

Fonte: Elaborado pelos autores

4.8. Etapa 8 – Analisar os resultados em comparação aos concorrentes

Faz-se necessário analisar o comportamento da organização em relação aos preços praticados pelos concorrentes. Encontrou-se grande dificuldade na obtenção dos preços dos concorrentes do laboratório, de forma que, os preços obtidos, são referentes a uma pequena parcela dos serviços em estudo, mas servirá como base para nortear algumas decisões importantes para a organização.

Figura 21 – Comparação de preço de venda de serviços de metrologia

Serviços	Preço de venda atual	Preço de venda indicado no estudo	Preço de venda concorrente 1	Preço de venda concorrente 2
Serviço 1	63	46,65	42	55
Serviço 2	530	79,02		
Serviço 3	400	110,52		
Serviço 4	190	87,58		
Serviço 5	55	28,78	39	77
Serviço 6	80	45,69		
Serviço 7	70	49,31		
Serviço 8	110	55,84		135
Serviço 9	400	45,92		
Serviço 10	52	44,42		
Serviço 11	35	36,75		
Serviço 12	120	64,48		
Serviço 13	230	56,58		
Serviço 14	24	34,64		
Serviço 15	60	41,8		

Fonte: Elaborado pelos autores

Analisando o preço dos serviços do laboratório e o preço dos concorrentes, percebe-se que o serviço 1, o mais importante financeiramente apresenta uma diferença negativa para a organização, primeiramente entre seu preço atual e o preço determinado no trabalho (R\$ 16,35), posteriormente entre o preço praticado atualmente pelo laboratório e seu concorrente 1 e ainda entre o preço praticado atualmente pela organização e o preço do concorrente 2.

5. Considerações finais

A construção do trabalho levou em consideração os conceitos da fundamentação teórica,

ponderando as variações cabíveis para o modelo de negócio em análise, mas sem “fugir” da aplicação dos conceitos trabalhados no texto.

Para a construção do método de custeio baseado em atividades, utilizou-se o tempo de execução das atividades dos processos, o principal norteador da alocação dos gastos indiretos aos serviços executados no laboratório de metrologia. A formação do preço de venda empregou o método do Mark-up que utilizou o método de custeio realizado no estudo como base para o cálculo do preço dos serviços, considerando todas as taxas variáveis da organização, assim como o resultado desejado pela mesma. Nas etapas finais do estudo, foram construídas diversas análises sobre a margem de contribuição dos serviços do laboratório e o cálculo dos pontos de equilíbrio, considerando todas as suas variações e confrontando o preço dos concorrentes com os preços encontrados na organização, que será de grande importância para a tomada de decisão dos gestores do negócio.

Idealiza-se para trabalhos futuros, inicialmente, um maior controle da organização em relação aos registros, pois se percebeu uma desorganização dos dados relativos a vendas, faturamento, gastos e materiais usados na calibração dos equipamentos pelo laboratório.

O trabalho apresentado se mostrou efetivo, perante as necessidades apresentadas pela organização e os objetivos estabelecidos no estudo. Recomenda-se ainda a manutenção das informações coletadas e a análise constante dos gastos e preços praticados pelo laboratório e pelo mercado. Evoluir o estudo é primordial para a efetivação das melhorias propostas.

REFERÊNCIAS

ABBAS, K.; GONÇALVES, M. N.; LEONCINE, M. Os métodos de custeio: vantagens, desvantagens e sua aplicabilidade nos diversos tipos de organizações apresentadas pela literatura. Porto Alegre: v. 12, n. 22, p. 145-159, 2012. Disponível em: <<http://seer.ufrgs.br/index.php/ConTexto/article/view/33487/pdf>>. Acesso em: Outubro de 2017.

BRUNI, A. L. A administração de custos, preços e lucros - Com Aplicações na HP 12c e Excel. 5ª ed. São Paulo: Atlas, 2012.

BRUNI, A. L.; FAMÁ, R. Gestão de custos e formação de preços: com aplicações na calculadora HP 12c e Excel. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2012.

COGAN, S. Custos e formação de preços: análise e prática. 1. ed. São Paulo: Atlas, 2013.

CREPALDI, S. A. Curso básico de contabilidade de custos. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

DUBOIS, A.; KULPA, L.; SOUZA, L. E. Gestão de custos e formação de preços: conceitos, modelos e instrumentos: abordagem do capital de giro e da margem de contribuição. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

KAPLAN, R. S.; ANDERSON, S. R. Custeio Baseado em Atividade e Tempo. São Paulo: Elsevier, 2007.

MARTINS, E. Contabilidade de custos. 10. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

MEGLIORINI, E. Custos: Análise e gestão. 3. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2012.

RODRIGUES, M. V.; Apostila de gestão de custos. Fortaleza: 2016.

SARAIVA JÚNIOR, A. F.; Decisão de *Mix* de produtos sob a perspectiva do custeio baseado em atividades e tempo para operações com múltiplas restrições. Tese de Doutorado; São Paulo, 2014.

VIEIRA, E. P. Custos e formação do preço de venda. 2 ed. Ijuí: Unijuí, 2013. Disponível em: <http://bibliodigital.unijui.edu.br:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/3223/EaD_Custos%20nova%20vers%C3%A3o.pdf?sequence=1>. Acesso em: Outubro de 2017.

WERNKE, R. Gestão de custos: uma abordagem prática. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

Capítulo 26

PROJETO DE EXPERIMENTOS DE MIXTURAS GENERALIZADO PARA OTIMIZAÇÃO DE PORTFÓLIOS

Pedro José Papandréa
Anderson Paulo de Paiva
Rafael Coradi Leme
Xueping Li

PROJETO DE EXPERIMENTOS DE MIXTURAS GENERALIZADO PARA OTIMIZAÇÃO DE PORTFÓLIOS

Pedro José Papandréa
Anderson Paulo de Paiva
Rafael Coradi Leme
Xueping Li

Resumo

Uma das principais preocupações no que se refere a investimentos é a análise de portfólio. Na seleção de uma carteira, o analista deve estar atento à presença de parâmetros de erros de nas suas estimações. Com efeito, tais erros podem levar a um mau desempenho da carteira. A literatura propõe muitas abordagens para analisar as carteiras; uma alternativa interessante foi proposta por Oliveira e seus colegas: design de experimentos com misturas. Este trabalho generaliza a filosofia de projetos de experimentos na análise de portfólio e explora o poder dos projetos experimentais para lidar com os erros de parâmetro estimativos. A abordagem proposta neste artigo conecta - via função *desirability* – a tradicional teoria de portfólios média-variância com a otimização multi-objetivo. A abordagem lida com erros na estimação de parâmetros e permite que o analista se envolva em um processo de tomada de decisão robusta.

1. Introdução

Um problema importante e interessante que surge em muitas áreas de pesquisa é como alocar recursos diferentes para criar uma carteira rentável. O principal objetivo dos investidores é bater em, através de uma carteira de investimentos, a melhor estratégia de compra e venda. Alcançar tal estratégia e, assim, projetar um portfólio ótimo tem sido o foco de muitos trabalhos de pesquisa ao redor do mundo. O quadro mais famoso, introduzida por Markowitz (1952) é o modelo de média-variância.

Enquanto as obras seminais de Markowitz (1952, 1959) têm sido exploradas extensivamente, muitos autores têm contribuído para e modificá-los em aspectos importantes. Artzner et al. (1999), por exemplo, investigou medidas coerentes de risco, tais como o valor em risco (VaR), o sistema de margem de análise de portfólio padrão de risco (SPAN), desenvolvido

pela *Chicago Mercantile Exchange*, e as regras de margem da *Securities and Exchange Commission* (SEC), que são utilizados pela Associação Nacional dos *Securities Dealers* (NASD). Como uma função objetivo para otimização de portfólio, Rockefeller e Uryasev (2002) propôs a utilização do valor em risco condicional (CVaR). Da mesma forma, outras abordagens de otimização de portfólio têm sido propostas tais como as baseadas em variância-assimetria, curtose (Lai et al, 2006.), Média-variância-skewness (Briec et al, 2007; Kerstens et al, 2011.) ou média-semivariância entropia (Zhang et al., 2012).

Ao resolver o problema da carteira, podem ser utilizadas várias técnicas de otimização. A esta se inclui a programação quadrática (Best, 2010), os métodos de pontos interiores (Gondzio & Grothey, 2007), a programação linear inteira mista (Benati & Rizzi, 2007), a otimização mínima sequencial (Zhang et al., 2009), a programação estocástica (Abdelaziz et al., 2007), as abordagens Bayesiana (Soyer e Tanyeri, 2006), os métodos de inicialização (Bai et al., de 2009, e Leung et al. 2012), algoritmos genéticos (Lin e Liu, 2008), o algoritmo evolutivo (Brank et al., 2009) e ainda outros. Estas abordagens, no entanto, em geral, exigem um grande esforço computacional e/ou os resultados não incorporam um erro de estimação para as ações de ativos ideais. Em tais casos, o investidor deve aplicar exatamente o valor obtido a partir de um modelo matemático. Quando este valor oscila, o lucro máximo pode ser fortemente afetado.

Os erros de estimação, na verdade, desempenham um papel importante na seleção de portfólios. Jobson e Korkie (1980), Michaud (1989), Chopra e Ziemba (1993), e Best e Grauer (1991) discutiram o impacto do erro de estimação na escolha de uma carteira ótima. Para lidar com essa armadilha potencial, os pesquisadores propuseram a otimização robusta, abordagem (Ben-Tal e Nemirovski, 1998; Goldfarb e Iyengar, 2003; Halldórsson e Tutuncu, 2003; Black e Litterman, 1991,1992).

Uma alternativa para todos estes métodos foi recentemente proposta por Oliveira et al. (2011), quando eles sugeriram otimizar carteiras com o auxílio do projeto de experimentos de misturas (MDE). Recentemente, o projeto de experimentos tem sido amplamente utilizado em aplicações relacionadas com a análise de simulação (Kleijnen, 2005). Balestrassi et al. (2009), por exemplo, usou experimentos fatoriais fracionários e fatoriais completos para melhor determinar os parâmetros de uma rede neural artificial (RNA) em um problema não linear de previsão de séries temporais de preços diários de retornos de curto prazo.

Utilizando uma técnica similar, Oliveira et al. (2011) apresentou uma nova abordagem MDE usada para ajustar a métrica do valor em risco condicional (CVaR) para o mix de contratos

nos mercados de energia. Neste tipo de estratégia experimental, os fatores de projeto são tratados como as proporções de um sistema de mistura considerado bastante adequado para a análise de carteiras em geral. Ao encontrar a carteira ótima, em vez de usar a programação linear e não linear tradicional diretamente, o conceito da função *desirability* é considerado para combinar o objetivo de maximização multivariada, maximizando o retorno enquanto minimiza o risco. Neste, no entanto, apenas levemente explora os recursos de otimização de carteiras teóricas. O presente trabalho se esforça para preencher esta lacuna. Ao fazê-lo, generaliza as aplicações da função MDE e *desirability* da otimização de portfólio de média-variância, isto permite levar em conta as operações de venda a descoberto. Além disso, quando o MDE foi proposto para analisar portfólio de média-variância (MPV), ignorou a principal característica de experimentos com misturas. Este recurso refere-se ao poder de experimentos para lidar com erros em uma estimação de parâmetros. Quando esse tipo de ruído é apresentado nos experimentos, obtém-se um modelo estatístico para análise MPV em curso. Por exemplo, se os erros aleatórios são considerados na estimação da média e covariância, pode-se obter um modelo baseado no intervalo de confiança, de modo que o investidor irá tomar decisões com base em níveis de significância e testes de hipóteses.

Black e Litterman (1992) propuseram que o investidor insira suas visões de mercado para a formação do portfólio, o que torna a abordagem, apesar de muito referenciada, subjetiva ao conhecimento relativo ou suposições dos investidores.

Neste sentido, a contribuição deste trabalho é estabelecer, por meio da *desirability* abordagem, uma ligação entre a teoria MPV tradicional e otimização multi-objetivo. A abordagem de otimização proposto neste trabalho permite lidar com o erro na estimação de parâmetro e permite ao analista um robusto processo de tomada de decisão. Assim, o trabalho tem como objetivo generalizar a abordagem proposta por Oliveira et al. (2011), utilizando as características de experimentos planejados para lidar com erros de estimação de parâmetros.

A lembrança deste artigo está organizada da seguinte forma: a Seção 2 analisa os fundamentos do modelo MPV, ligando esta abordagem de experimentos com misturas. A Seção 3 discute como se pode aplicar a função *desirability* para seleção de portfólio. A Seção 4 apresenta alguns exemplos numéricos de abordagens propostas aplicadas à análise de portfólio. O papel do erro de estimação e como a abordagem proposta pode ajudar o analista no processo de tomada de decisão são explorados na Seção 5. Seção 6 discute dados de ações reais. Finalmente, a seção 7 oferece algumas conclusões.

2. Análise de carteira com base em Projeto de Experimentos com Misturas

Teoria Carteira procura gerenciar o risco em um grupo de ativos, de modo a determinar uma combinação que oferece o menor risco e o maior retorno esperado. Esse grupo é chamado de uma carteira ótima. A carteira de ativos é uma combinação de ativos de interesse, cada um com um retorno realizado r_i , ($i = 1, 2, \dots, n$). O retorno da carteira, doravante denotado por r_p , é a média ponderada do retorno do ativo componente com as proporções de investimentos como pesos w_i . Organizando r_i e w_i em vetores de coluna $\mathbf{r}^T = [r_1 \ r_2 \ \dots \ r_n]$ e $\mathbf{w}^T = [w_1 \ w_2 \ \dots \ w_n]$, o retorno do portfólio r_p pode ser definido pela **Equação (1)**.

$$r_p = \mathbf{w}^T \cdot \mathbf{r} \quad (1)$$

Uma indicação da rentabilidade esperada é a média da distribuição de probabilidade do retorno, ou o retorno esperado. A variância da distribuição indica como generalizado são os possíveis resultados em torno da média, isto é, quanto maior for a variância, o mais incerto o resultado. Assim, a variação da distribuição é uma indicação intuitiva do risco envolvido.

Se a taxa de retorno evolui (pelo menos fracamente) estacionária ao longo do tempo, cada retorno ativo pode ser representado por um processo estocástico com retorno esperado $\mu_i = E[r_i]$ e a variância $\sigma_i^2 = E[r_i^2] - E[r_i]^2$. Além disso, considerando a covariância entre os ativos i e j , $\sigma_{ij} = E[r_i r_j] - E[r_i]E[r_j]$, o retorno esperado da carteira e sua variância pode ser escrita como:

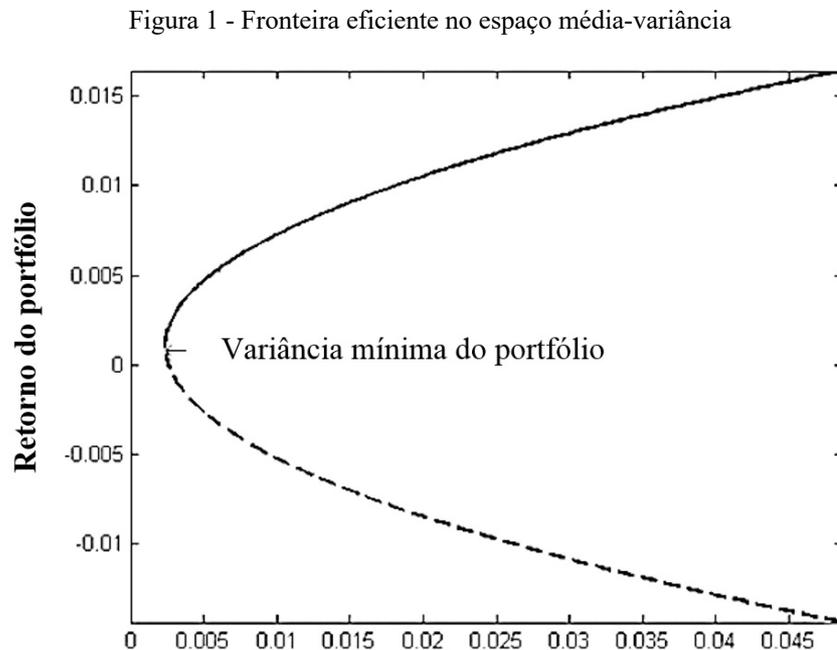
$$\mu_p = \mathbf{w}^T \cdot \boldsymbol{\mu} \quad (2)$$

$$\sigma_p^2 = \mathbf{w}^T \boldsymbol{\Sigma} \mathbf{w} \quad (3)$$

No qual $\boldsymbol{\mu}^T = [\mu_1 \ \mu_2 \ \dots \ \mu_n]$, e $\boldsymbol{\Sigma}$ representa a matriz de covariância, na diagonal principal σ_i^2 , e no restante a σ_{ij} . Note-se que a covariância σ_{ij} mede quantos dos retornos de dois ativos se movem em relação uns aos outros. Esta é a abordagem do bem conhecido modelo MPV de Markowitz, estabelecendo a melhor estratégia para minimizar o risco e maximizar o retorno. Ao seguir esta abordagem, chega-se a fronteira eficiente, onde para um dado nível de variância, não existe outra carteira com maior retorno esperado. Da mesma forma, para um dado nível de retorno esperado, não existe outra carteira com menor variância.

Figura 1 descreve a fronteira eficiente, representada pela linha sólida.

Figura 1 também mostra fronteira ineficiente, onde para uma dada variância, tem-se o menor retorno da carteira viável.



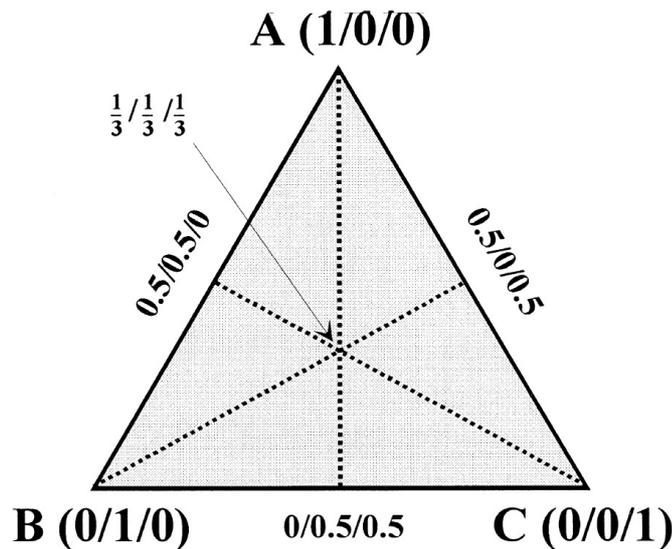
2.1. Análise de carteira com base em experimentos com misturas

Suponha agora os pesos ou valores w_i MPV do modelo são considerados proporções de uma mistura com as restrições de convexidade, por exemplo, $\sum_i w_i = 1$, e $w_i \geq 0$. Este é exatamente o caso de um projeto experimental conhecido como MDE.

MDE é um tipo especial de experiência de superfícies de resposta em que os fatores são proporções dos componentes numa mistura de (Myers & Montgomery, 2002; Cornell, 2002). Avaliando a resposta do ensaio para os efeitos de vários fatores sendo combinadas, pode-se estimar a superfície de resposta do processo em análise. O desenho é escolhido de tal forma que os pontos estão distribuídos ao longo de um espaço experimental viável. Em MDE, este espaço viável é conhecido como o espaço simplex. Simplex-centroide e simplex-rede são amplamente utilizados na análise de projetos MDE. A fim de obter um modelo polinomial de, pelo menos, do grau m com q componentes, deve-se ter $m + 1$ valores igualmente espaçadas

para cada componente mistura. A **Figura 2** mostra um *simplex lattice* com $\{q, m\}$ combinações, em que $q = 3$ e $m = 2$.

Figura 2 - Análise da mistura *simplex-lattice* para três fatores.



O espaço representado na **Figura 2** pelo experimento descreve componentes de mistura para o sistema de coordenadas simplex. Os vértices da região convexa representam a mistura pura; os pontos dentro da região são as misturas em que nenhum dos componentes está ausente. O centroide é a mistura com proporções iguais de cada componente.

Uma vez que as experiências são realizadas, MDE permite estabelecer a relação entre as variáveis de resposta e a proporção relativa dos componentes em termos de uma equação matemática. Ele proporciona a identificação da influência sobre a variável da proporção de cada um dos fatores e as interações entre os fatores de resposta. Geralmente, a relação entre a função e a variável de resposta e as proporções de n fatores é definido por uma expressão polinomial de grau m , o qual pode ser estimado com a ajuda, dependendo dos objetivos do praticante, de uma regressão linear, quadrática, ou cúbica. A **Equação (4)** descreve o modelo quadrático para a estimação da superfície de resposta.

$$y_p = \beta^{*T} w + w^T B w + \varepsilon = \sum_{i=1}^n \beta_i^* w_i + \sum_{i,j=1, i < j}^q \beta_{ij}^* w_i w_j + \varepsilon \quad (4)$$

Os coeficientes β_i^* mostram como cada componente contribui para a variável de resposta. Da mesma forma, os termos β_{ij}^* indicam que a interação entre fatores i e j . Se um polinomial de ordem mais elevada é usada, componentes, tais como β_{ijk}^* descrever as interações entre os fatores i , j , e k , assim por diante. Recorde, então, que o q refere-se ao número de componentes na mistura. Finalmente, representa erros aleatórios, que são independentes e identicamente distribuídos. Esses coeficientes podem ser avaliados com a ajuda do comum dos mínimos quadrados algoritmo ou método da máxima probabilidade.

Note que o modelo da **Equação (4)** é apresentado como um polinômio canônica, que foi introduzido pelo Scheffe (1958), para ser usado com o *simplex-lattice*. A grande vantagem em utilizar polinômios canônicos é que nenhum componente na mistura é suprimido a partir do modelo de regressão, de modo que nenhuma informação sobre os componentes é sacrificado.

Quando comparamos o MDE para a abordagem tradicional MPV, é muito simples que as equações de média-variância podem ser escritas como uma mistura de superfície de resposta, onde os valores de investimento de capital em ativos são definidos pelo tipo de delineamento de misturas (rede simplex ou simplex centroide). Além disso, a restrição orçamentária é análoga à restrição de convexidade de MDE. Uma vez que o projeto mistura é definida, pode-se estimar a superfície resposta da média, variância e qualquer outra resposta de interesse, de modo que se pode ter a influência de cada ativo no desempenho da carteira. No entanto, o modelo tradicional considerando MDE não permitir, por exemplo, a venda a descoberto na análise de portfólio, portanto, uma generalização deve ser considerada.

2.2. Modelo generalizado de análise de portfólio baseado em projeto de experimentos de mistura

A seção anterior apresentou a correspondência entre MDE e carteira de análise. Foi discutida análise de portfólio de posições compradas com a ajuda de MDE. Quando opera comprado, o investidor ganha dinheiro quando os aumentos de preços de ativos, ou seja, ele / ela compra o ativo a um preço baixo e espera vendê-lo mais tarde a um preço mais elevado.

Na prática, no entanto, situações fora do tempo de compra podem ser desejável e com a abordagem básica MDE aquém de considerar operações curtas. Num curto espaço de operação, um lucro em Vektor, quando os preços dos ativos caem. Nesta situação, se vende um ativo

sem possuí-lo, mas, na verdade, por ter emprestado de um corretor. A posição é fechada quando o investidor compra o ativo, dando-lhe, assim, volta para o credor.

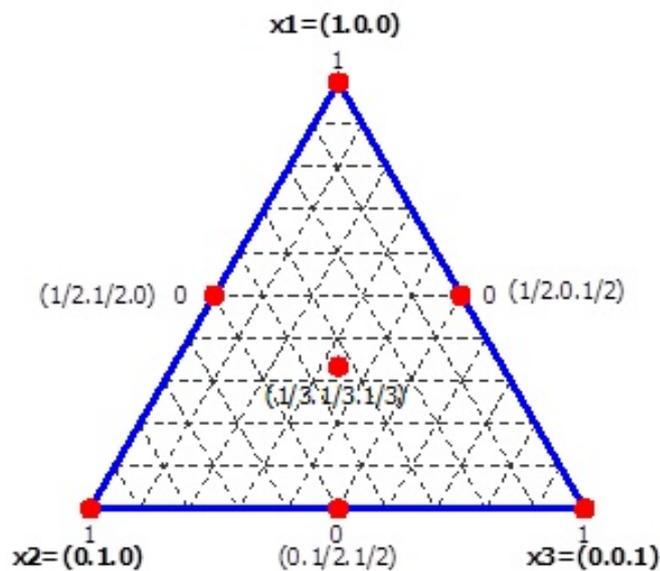
É em relação a esse de compra e venda que esta seção discute o modelo geral para otimização de portfólio por meio de MDE. Por esta causa, o domínio experimental pode ser expandido e restrições lineares devem ser considerados.

A primeira diferença das preocupações tradicionais MDE os valores dos pesos w_i . Nas operações de curto, os pesos nas **Equações (1), (2) e (3)** pode assumir valores negativos, de maneira que a restrição $w_i \geq 0$ já não é cumprida. Quando venda a descoberto é permitida, os pesos pertencer a intervalos indicados pela:

$$-sl \leq w_i \leq [1 + (q-1) \cdot sl] \quad (5)$$

Na qual $sl \in \mathfrak{R}_+$ e representa o limite de venda a descoberto. Note, que este novo limite de peso expande região simplex, onde se pode vender sua riqueza em alguns ativos para comprar outros ativos. Além da nova região de cada variável, a simplex-estrutura é também limitado pela superfície $\sum_i w_i = 1$. Assim, a região da estrutura expandida é restringida por equação de equilíbrio da carteira. A **Figura 3** demonstra o caso particular com $q = 3$, $m = 2$ e $sl = 1$.

Figura 3 - Mistura tipo *lattice* para análise de portfólio com três fatores.



Para construir este projeto experimental, como na **Figura 3**, pode-se definir o $q - 1$ pesos como em modelos *simplex-lattice* tradicionais, considerando os novos limites variáveis de desigualdade **(5)** e o q^{th} componente é constrangida por uma equação de equilíbrio, de modo que $w_q = 1 - \sum_{j=1}^{q-1} w_j$. Note-se também, pela **Figura 3**, que o *simplex-lattice* de MDE tradicional está contida na região da estrutura expandida.

O delineamento experimental discutido acima preenche a lacuna na análise de portfólio que envolve a venda a descoberto. Desde que o projeto generaliza a MDE para otimização de portfólio, é a seguir designado como o projeto mistura generalizada de experimentos para a carteira otimização (GMDEPO).

Uma vez que são realizados os experimentos, GMDEPO permite o estabelecimento da relação entre as respostas de interesse e proporção relativa dos componentes em termos de um modelo matemático, como na **Equação (4)**.

Ele fornece para a identificação, em termos da variável de resposta, proporcional a influência de cada fator e as interações entre os fatores.

3. Função *desirability* para portfólio multi-objetivo

A concepção ideal de uma carteira pode ser vista como uma tarefa de otimização multi-objetivo não linear que simultaneamente minimiza os riscos e maximiza o rendimento. Para conseguir tal objetivo, as equações de risco e de retorno são geralmente combinados na forma de uma função *desirability*, tais como $U = \lambda\mu_p + 0.5\sigma_p^2$, no qual λ é o fator de ponderação que reflete a preferência do tomador de decisão ou a aversão ao risco. Ao lidar com GMDEPO, também podemos adaptar os conceitos de retorno, risco e utilidade através de uma função *desirability*. Esta função é uma transformação de otimização multi-objetivo que permite a combinação de risco e retorno e também permite a introdução de aversão do investidor ao risco. Além disso, podem-se definir as regiões e faixas de respostas para cada resposta, permitindo o uso de modelos estatísticos e níveis de confiança.

Usando um conjunto de transformações com base nos limites impostos sobre as respostas, a conversão é realizada para cada uma das respostas, resultando numa função de preferência indivíduo d_i com $0 \leq d_i \leq 1$. Estes valores individuais são então combinados com uma média geométrica, tal como:

$$D = [d_1(y_1) \times d_2(y_2) \times \dots \times d_k(y_k)]^{1/k} \quad (6)$$

O índice global D é uma função convexa, e é maximizado utilizando um algoritmo de Hooke de forma irrestrita e não linear, Jeeves (Rao, 1996). Ele trará uma solução de compromisso e é restringida ao intervalo $[0, 1]$. O índice D é próximo de 1 quando as respostas estão perto de sua especificação. O tipo de transformação depende da direção de otimização desejada.

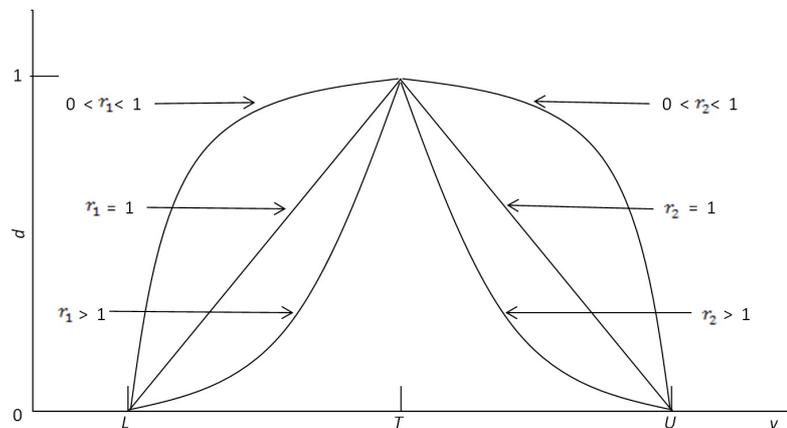
Para um problema de otimização, a abordagem da função *desirability* é simples, fácil de aplicar, e permite que o usuário julgar a importância de cada resposta. Para o caso de maximização, por exemplo, a transformação é desejável, d_i será:

$$d_i = \begin{cases} 0 & \hat{y}_i < L_i \\ \left[\frac{\hat{y}_i - L_i}{T_i - L_i} \right]^{c_i} & L_i < \hat{y}_i < T_i \\ 1 & \hat{y}_i > T_i \end{cases} \quad (7)$$

No qual \hat{y}_i representa a resposta predita de interesse¹, e L_i e T_i são, respectivamente, o limite inferior e a meta para a i exima resposta de interesse. Além disso, c_i são os pesos, a importância da resposta em função do *desirability*. Se $d_i > 1$, então a i exima resposta é mais relevante. Por outro lado, se $0 < d_i < 1$, a i exima resposta é menos relevante. Finalmente, quando $d_i = 1$, a i exima resposta comporta-se de forma linear a partir de limite inferior para atingir.

A **Figura 4** resume as dinâmicas de d_i .

Figura 4 - Dinâmica do d_i .



¹ Retorno do portfólio, por exemplo.

Na análise de portfólio, GMDEPO fornece o modelo estatístico para as respostas do retorno esperado e medida de risco. Assim, na carteira de otimização, a função de preferência pode ser utilizada como uma ferramenta de otimização multi-objetivo para GMDEPO. Por isso, os investidores procuram maximizar o retorno esperado de tal forma que os ativos selecionados são relevantes e significativos, ou seja, estão contidos no intervalo de confiança do modelo estatístico. Ao mesmo tempo, os investidores querem montar uma carteira com o menor risco possível. Além disso, o parâmetro c_i pode representar a aversão ao risco. Por exemplo, se se aceitar mais risco, podem-se escolher valores baixos c_i na função de preferência de risco, e, inversamente, se se aceitar valores mais elevados, menos risco de c_i seria preferível.

4. O papel do erro de estimação

O modelo MPV discutidos neste trabalho depende de dois parâmetros: o vetor dos retornos e a matriz de covariância. Na prática, estes parâmetros não são conhecidos, mas pode ser estimada a partir de dados de históricos de distribuição por meio da teoria de amostragem. Incerteza na estimação de parâmetros pode levar a uma má *out-of-sample* desempenho da carteira. Na verdade, Jobson e Korkie (1980), Michaud (1989), Chopra e Ziemba (1993) e Melhor e Grauer (1991) foram todos discutidos o impacto do erro de estimação em ótima escolha portfólio, mostrando que ela desempenha um papel importante na seleção de portfólio. Na mesma linha, Lim et al. (2011) mostram que este problema é também observado quando as outras métricas de risco coerentes são utilizadas.

Se a distribuição dos retornos subjacente é assumido ser normal multivariada, a estimação de parâmetros com base nos dados pode ser resumida aos históricos médios retorno e da matriz covariância. Além disso, pode-se, com base no ponto de estimação e horizonte de tempo, construir intervalos de confiança. Assim, podem-se gerar amostras de retornos vector e da matriz covariância e replicar GMDEPO tantas vezes quanto se queira. Esse procedimento pode parecer ingênuo, mas considera apenas o cálculo direto da **Equações (2) e (3)**, e produz um modelo estatístico na construção da fronteira eficiente. Assim, um investidor pode realizar robusto tomada de decisão, considerando-se o erro de estimação.

É simples que, pelo teorema do limite central, média da amostra é normalmente distribuído com valor esperado $E[\bar{x}_i] = \mu_i$ e variância $Var[\bar{x}_i] = \sigma_i^2 / n$. Além disso, a proporção

$(n-1) \frac{s_i^2}{\sigma_i^2}$, no qual s_i^2 é a variância da amostra, tem distribuição qui-quadrado com $(n-1)$ graus de liberdade. Considerando agora GMDEPO com ν replicações, em conjunto com a média da amostra e distribuição variância, pode-se estimar modelos estatísticos considerando erro de estimação.

Assim, pode ser aplicado GMDEPO considerando o erro de estimação dos parâmetros de distribuição. Vejamos novamente a exemplo de dados de três ativos da seção anterior. Além de independência entre os retornos dos ativos, ou seja, a média e covariância dos retornos são obtidos a partir de dados históricos de $n = 60$ meses retornos que são assumidas a ser distribuído normalmente. Os parâmetros estimados são agora considerados estatísticas de amostragem, de tal forma que:

$$\bar{r} = [1.05 \quad 1.08 \quad 1.10]^T$$

$$S^2 = \begin{bmatrix} 0.01 & & \\ & 0.02 & \\ & & 0.03 \end{bmatrix}$$

No qual \bar{r} é o vetor de retorno estimado, enquanto que S^2 é a matriz covariância estimada. O experimento *simplex-lattice* explorado na **Tabela 1** na qual $q = 3$ e $m = 2$, é replicado 10 vezes, de modo a revelar quaisquer propriedades estatísticas. A **Figura 7** mostra o gráfico de dispersão dos resultados experimentais para o retorno da carteira r_p e variância s_p^2 para cada proporção de ativos, enquanto que a **Figura 6** exibe histogramas para estas medidas.

Figura 5 - Gráficos de dispersão de resultados experimentais.

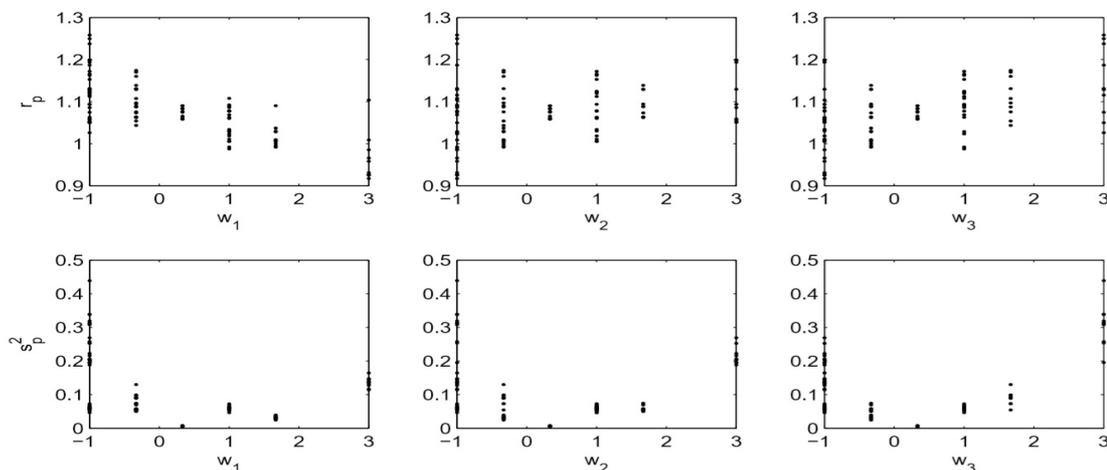
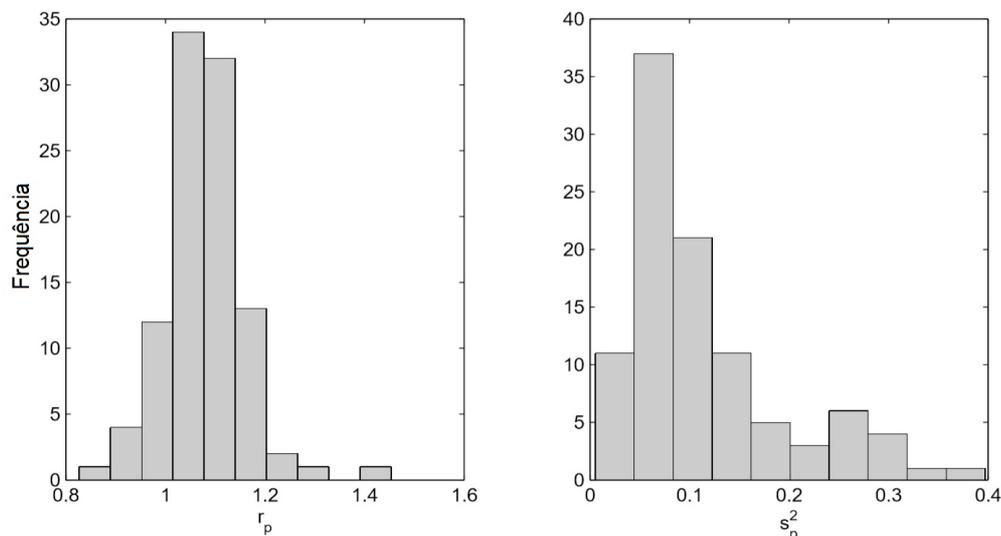


Figura 6 - Histogramas para os resultados experimentais.



Note na **Figura 7** que os resultados experimentais agora apresentarem diversos resultados para as corridas replicadas. Isto é esperado uma vez que cada retorno do ativo e variância está modelada por uma distribuição de amostragem. Além disso, pode-se ver a partir de **Figura 6** enquanto que os retornos da carteira parecem seguir uma variação distribuição simétrica não. Isto também é esperado uma vez que é restrita a variância valores positivos.

Após a discussão acima, o retorno portfólio r_p é primeiramente modelada por regressão linear, considerando as proporções de ativos. Quanto à variância s_p^2 , o modelo com base na equação quadrática (3) é usado.

Lembre-se que a estimação do parâmetro pode ser realizada através da abordagem dos mínimos quadrados ou método de máxima verossimilhança. Ambas as abordagens produzem estimador de parâmetros β_i^* e β_{ij}^* . No entanto, a hipótese de erros aleatórios distribuídos normalmente é violada, uma vez que os resultados de desvio são restritos a valores positivos. Uma alternativa à análise de regressão linear é de modelos lineares gerais, que podem ser utilizados na modelagem da variância. Assim, ao estimar β_i^* e β_{ij}^* , estimação por máxima verossimilhança é preferível. As **Equações (8) e (9)** mostrar os modelos estimados, onde todos os coeficientes são estatisticamente significativos no nível de significância de 5%.

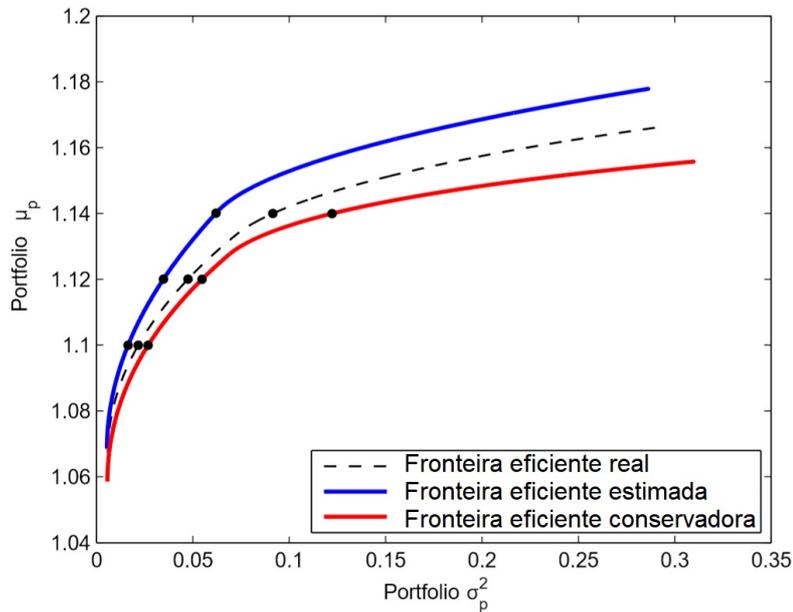
Usando o modelo econométrico dada em **Equações (8) e (9)**, pode-se construir o modelo GMDEPO praticável, como mostrado na

Figura 7, que também mostra a fronteira eficiente quando apenas a estimação pontual é considerada (Sessão Error! Reference source not found.).

$$\hat{r}_p = 1.0523 \cdot w_1 + 1.0684 \cdot w_2 + 1.0957 \cdot w_3 \quad (8)$$

$$\hat{s}_p^2 = 0.0051 \cdot w_1 + 0.0142 \cdot w_2 + 0.0241 \cdot w_3 - 0.0302 \cdot w_1 w_2 - 0.0399 \cdot w_1 w_3 - 0.0486 \cdot w_2 w_3 \quad (9)$$

Figura 7 - Carteiras viáveis sob intervalo de estimação.



Note, na

Figura 7, que, considerando intervalo de estimação para o retorno e variância pode diferir significativamente quando se trata de tomada de decisão. Por exemplo, suponha que um investidor procura um retorno de 12%. Considerando a fronteira estimada com base em modelos de regressão de **Equações (8) e (9)**, esse investidor vê uma variação do risco de 0,036. No entanto, no modelo verdadeiro, é cerca de 0,043, o que é 20% maior. Se o investidor já sabe a verdadeira variância, ele / ela pode decidir de forma diferente. De facto, dependendo do declive da fronteira eficiente, o analista possa ser conduzido a um resultado muito diferente do que era esperado.

Ao lidar com erro de estimação, os analistas podem usar o intervalo de confiança da resposta média, ou seja, os analistas podem calcular os limites inferior e superior da resposta média

estimada em um nível de confiança. A **Equação (10)** dá a variância da carteira de retorno estimado em w_0 .

$$\text{var}(\hat{r}_p) = s_{r_p}^2 \mathbf{w}_0^T (\mathbf{W}_{r_p}^T \mathbf{W}_{r_p})^{-1} \mathbf{w}_0 \quad (10)$$

Na **Equação (10)**, w_0 é o vetor de pesos de cada ativo, conforme definido na **Seção** Error! Reference source not found., $s_{r_p}^2$ é a variância estimada a partir do modelo de regressão de retorno da carteira, dada pela **Equação (8)**, e \mathbf{W}_{r_p} é a matriz $n \times p$ dos níveis de pesos ativos, obtidos a partir de um polinómio canónica. Assim, o $(1-\alpha)$ intervalo de confiança sobre a resposta média em w_0 é obtido com:

$$\mu_p = r_p(\mathbf{w}_0) \pm t_{\alpha/2, n-p} \cdot \sqrt{s_{r_p}^2 \mathbf{w}_0^T (\mathbf{W}_{r_p}^T \mathbf{W}_{r_p})^{-1} \mathbf{w}_0} \quad (11)$$

Em que $t_{\alpha/2, n-p}$ representa a distribuição t inverso ao nível $\alpha/2$ com $n-p$ graus de liberdade. Uma fórmula semelhante pode ser obtida para a carteira de variância, conforme mostrado na **Equação (12)**.

$$\sigma_p^2 = s_p^2(\mathbf{w}_0) \pm t_{\alpha/2, n-p} \cdot \sqrt{s_{s_p^2}^2 \mathbf{w}_0^T (\mathbf{W}_{s_p^2}^T \mathbf{W}_{s_p^2})^{-1} \mathbf{w}_0} \quad (12)$$

Assim, utilizando as **Equações (11)** e **(12)**, pode-se controlar o nível de confiança da fronteira eficiente. Por exemplo, a

Figura 7 - Carteiras viáveis sob intervalo de estimação. ainda mostra o intervalo de confiança de 95% de média estimada e a variância dada pelas **Equações (8)** e **(9)** como linhas pontilhadas. Esta figura também mostra a fronteira esperado (linha contínua fina) e a verdadeira fronteira (linha pontilhada).

Usando a abordagem de intervalo de confiança, o investidor que procura um retorno de 12% iria ver uma variação de risco de 0,050 na variância limite superior. Assim, o processo de tomada de decisão pode ser feito com um maior nível de precisão. De fato, o intervalo de confiança de abordagem permite ao analista a se envolver em testes de hipóteses para qualquer decisão, permitindo-lhe tomar decisões de forma mais robusta.

5. Experiência numérica com GMDEPO

Nesta seção, GMDEPO é usada com dados de 13 ações, os dados coletados a partir do site da Bolsa de Valores de São Paulo BM&FBovespa. As ações selecionadas são as mais negociadas, compondo o principal índice do mercado local brasileiro, conhecido como IBovespa. Os dados são tomados em junho de 2009 a dezembro de 2012.

A fim de gerar amostras de vetor de retorno e matriz de covariância, pode-se utilizar a simulação ou de *bootstrap* (paramétrico ou não paramétrico) técnicas de Monte Carlo. O primeiro utiliza o ponto de estima para gerar amostras aleatórias, considerando a Cadeia de Markov e a distribuição subjacente assumido. Os últimos resamples de funções de distribuição paramétrica ou empírica.

A ideia de *bootstrap*, proposto por Efron (1979), significa se aproximar de uma amostra de distribuição de interesse, simulando o processo de geração de dados. Como este trabalho não se concentra na modelagem de ativos de retorno, em outros resultados numéricos, a inicialização ingênua é então considerada. Nesta abordagem, é feito de reamostragem com base na função de distribuição empírica com a substituição, então se pode construir uma amostra de qualquer tamanho a partir dos dados originais. Além disso, a análise que se segue considera apenas o intervalo de confiança de retorno esperado.

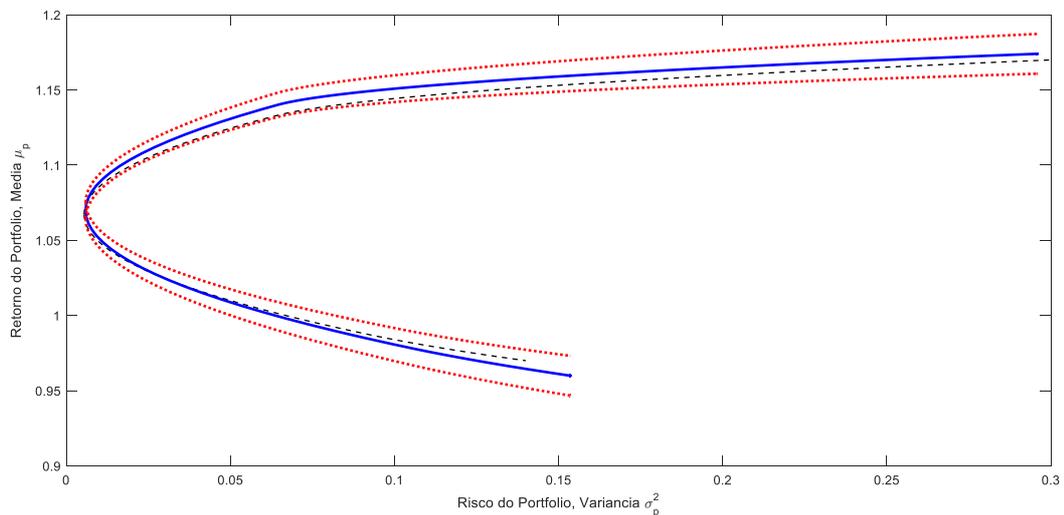
Uma vez que as amostras de *bootstrap* são gerados, a estimação de retornos de ativos e covariância são realizadas, para que se possa, em seguida, aplicar GMDEPO. No caso analisado nesta seção, GMDEPO com $q = 13$ e $m = 2$ é realizada. Nós escolhemos esses números porque queremos selecionar uma carteira ótima de 13 ações e a variância é uma função quadrática dos dados. Além disso, a venda a descoberto é permitida $sl = -1$. Este projeto experimental yields 105 funciona e é replicado 10 vezes. Uma vez que as corridas são calculadas, pode-se estimar o comportamento esperado da média e variância, assim seus intervalos de confiança.

A **Figura 10** ilustra a fronteira de eficiência estimada (linha contínua) e seu intervalo de confiança (linhas pontilhadas), utilizando os dados de 13 ações e também mostra a carteira otimizada com diferentes aversão ao risco utilizando a função *desirability* discutido na **Seção 0**. Os pontos representam os pontos ideais em retorno esperado, ao passo que \times refere-se ao robusto

retorno esperado para a carteira ótima considerando intervalo de confiança. A **Tabela 1** detalha os resultados.

A **Tabela 1** mostra os resultados otimizados para quatro diferentes cenários de aversão ao risco do investidor, de acordo com c_1 e c_2 combinações. Ademais, \hat{r}_p e $\hat{\sigma}_p^2$ referem-se ao portfólio retorno esperado e variância, obtidos a partir de análise GMDEPO, enquanto \hat{r}_p^* representa o forte retorno esperado, ou seja, o limite inferior do intervalo de confiança de 95% para o retorno da carteira e o intervalo de confiança superior a 95% para a carteira de variância. Finalmente, através da função *desirability*, representa a proporção de ativos na carteira otimizado.

Figura 10 - Fronteira estimadas e intervalo de confiança.



Veja, na **Tabela 2**, que os valores mais elevados para c_1 , a menor aversão do investidor ao risco, ou seja, o investidor se envolve em mais vendas a descoberto. Por exemplo, conforme c_1 move-se de 0.50 para 5.00, as proporções das ações w_3 estão se tornando mais negativa, e as proporções de ativos w_8 e w_9 mover-se de tempo para operações curtas. Note, também, que o robusto retorno esperado é de cerca de 1,27%, menor do que o retorno esperado para o Caso A. Ou seja, o retorno esperado é de 12,13%. No entanto, considerando o erro na estimação de parâmetros, o intervalo de confiança de 95% dá um retorno de 10,71%.

A diferença entre a expectativa e confiante retorno da carteira é ainda maior no processo D, onde a diferença é de -1,45%. De fato, como o investidor aceita mais risco, mais incerta é o

desempenho da carteira. Esta conclusão decorre da abordagem distribuição de amostragem para gerar os dados utilizados nesta simulação. Se um ativo apresenta uma variação mais alta, o intervalo de estimação da média mostra um intervalo de confiança maior (até no mesmo nível de confiança), tornando mais incerteza e risco no modelo média estimada. Curiosamente, a função *desirability* capacita a lidar com este tipo de problema. Como se pode ver a partir da **Figura 0**, uma vez que a resposta otimizado é obtido, o nível de confiança pode ser considerada para processar uma fronteira robusta esperada, onde o investidor pode tomar decisões em um nível mais alto de precisão.

Tabela 1 - Respostas ótimas considerando dos erros de estimação

Caso	A	B	C	D
c_1	0.5000	1.0000	2.0000	5.0000
c_2	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
\hat{r}_p	1.1213	1.1493	1.1779	1.2097
\hat{r}_p^*	1.1071	1.1341	1.1618	1.1921
\hat{s}_p^2	0.0311	0.0682	0.1194	0.1924
w_1	0.8224	1.0393	1.2593	1.5044
w_2	-1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000
w_3	-0.1040	-0.2665	-0.4497	-0.6539
w_4	0.4515	0.4872	0.4846	0.4814
w_5	0.2438	0.0331	-0.2222	-0.5070
w_6	-0.8713	-0.9998	-1.0000	-1.0000
w_7	0.6008	0.7606	0.9258	1.1099
w_8	0.0475	-0.0972	-0.2676	-0.4576
w_9	0.4592	0.2040	-0.0792	-0.3952
w_{10}	-1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000
w_{11}	0.8524	1.0847	1.3271	1.5973
w_{12}	0.3549	0.6013	0.8674	1.1639
w_{13}	0.1430	0.1527	0.1546	0.1565

6. Conclusões

Este artigo apresenta como uma ferramenta na seleção de portfólio, o projeto mistura geral de experimentos para a otimização de portfólio (GMDEPO). Sua contribuição é permitir que o analista de lidar com erro de estimação. A abordagem proposta é baseada em experimentos com mistura e metodologia de superfície de resposta, para que se possa estimar portfólio retorno esperado, variância, e seus intervalos de confiança. Otimização de portfólio é então realizada com a ajuda da função *desirability*, que é uma transformação de otimização multi-objetivo que permite a combinação de risco e retorno e também permite a introdução de aversão do investidor ao risco.

Para discutir as características de GMDEPO em lidar com erros de estimação, este estudo apresentou um exemplo numérico com três ativos. O exemplo demonstrado, como amplamente discutido na literatura, que os parâmetros de incerteza levar a estimações erradas de fronteiras eficientes. Por esta causa, os intervalos de confiança de estimação de variância e retorno da carteira podem conduzir a uma estimação mais segura da fronteira, permitindo que mais robusto tornar os investidores de decisão.

A abordagem GMDEPO foi então aplicado a alguns dados de ativos reais de São Paulo bolsa BM&FBovespa. É importante ressaltar, no entanto, que, apesar de ter usado dados reais, o caso discutido é hipotético, uma vez que as distribuições de retorno foram mal modeladas. Na verdade, o objetivo deste trabalho foi mostrar o poder de GMDEPO na análise de portfólio sob parâmetros de incerteza.

REFERÊNCIAS

ARTZNER, P., DELBAEN, F., EBER, J., HAETH, D., 1999. Coherent measures of risk. *Mathematical Finance* 9 (3), 203–228.

ABDELAZIZ, F.B., AOUNI, B., FAYEDH, R.E., 2007. Multi-objective stochastic programming for portfolio selection. *European Journal of Operational Research* 177, 1811–1823

BAI, Z.D., LIU, H.X., WONG, W.K., 2009. Enhancement of the Applicability of Markowitz's Portfolio Optimization by Utilizing Random Matrix Theory. *Mathematical Finance* 19(4), 639-667.

BEN-TAL, A., AND NEMIROVSKI, A., 1998. Robust Convex Programming, *Mathematics and Operations Research*, Vol. 23, pp. 769–805.

BENATI, S., RIZZI, R., 2007. A mixed integer linear programming formulation of the optimal mean/Value-at-Risk portfolio problem, *European Journal of Operational Research* 176 423–434.

BERA, A. K., PARK, S. Y., 2008. Optimal Portfolio Diversification Using the Maximum Entropy Principle. *Econometric Reviews*, 27, 484-512.

BEST, M.J., GRAUER, R.R., 1991. On the sensitivity of mean–variance-efficient portfolios to changes in asset means: some analytical and computational results. *Review of Financial Studies* 4, 315–342.

BEST, M.J., 2010. *Portfolio Optimization*, Chapman & Hall / CRC Finance, New York.

BEST, M.J., ZHANG, X., 2011. Degeneracy Resolution for Bilinear Utility Functions. *Journal of Optimization theory and Applications*, 150, 615-634.

BEST, M. J., HLOUSKOVA, J., 2003. Portfolio Selection and Transactions Cost. *Computational Optimization and Applications*, 24, 95-116.

BEST, M. J., HLOUSKOVA, J., 2005. An Algorithm for Portfolio Optimization with Transactions Cost. *Management Science*, 51 1676-1688.

BRANKE, J., B. SCHECKENBACH, B, STEIN, M., DEB, K., SCHMECK, H, 2009. Portfolio optimization with an envelope-based multi-objective evolutionary algorithm, *European Journal of Operational Research* 199, 684–693.

BRIEC, W., KERSTENS, K., JOKUNG, O., 2007. Mean–variance–skewness portfolio performance gauging: A general shortage function and dual approach. *Management Science* 53, 135–149.

BROWN, D.B AND SMITH, J. E., 2011. Dynamic Portfolio Optimization with Transaction Costs: Heuristics and Dual Bounds, *Management Science* 57:1752-1770

CORNELL, J.A., 2002. *Experiments with Mixtures: Design, Models, and the Analysis of Mixture Data*. New York.

EFRON, B., 1979. Bootstrap methods: another look at jackknife. *The Annals of Statistics*, 7, 1-26.

GOLDFARB, D. AND IYENGAR, G., 2003. Robust Portfolio Selection Problems, *Mathematics and Operations Research*, 28 (1), 1-38.

GONDZIO, J., GROTHEY, A., 2007. Solving non-linear portfolio optimization problems with the primal-dual interior point method, *European Journal of Operational Research* 181 1019–1029.

GRUBB, M., BUTLER, L., TWOMEY, P., 2006. Diversity and security in UK electricity generation: The influence of low-carbon objectives. *Energy Policy*, 34, 4050-4062.

HALLDÓRSSON, B.V., AND TUTUNCU, R.H., 2003. An Interior-Point Method for a Class of Saddle-Point Problems. *Journal of Optimization Theory and Applications*. 116 (3) 559-590.

HICKEY, E. A., CARLSON, J. L., LOOMIS, D., 2010. Issues in the determination of the optimal portfolio of electricity supply options. *Energy Policy*, 38, 2198-2207.

JANAL, P., ROY, T. K., MAZUMDER, S. K., 2007. Multi-objective Mean-variance-skewness model for Portfolio Optimization. *Advanced Modeling and Optimization*, 9, 181-193.

JOBSON, J.D., KORKIE, B., 1980. Estimation for Markowitz efficient portfolios. *Journal of the American Statistical Association* 75, 544–554.

KERSTENS, K., MOUNIR, A. WOESTYNE, I.V., 2011. Geometric representation of the mean–variance–skewness portfolio frontier based upon the shortage function. *European Journal of Operational Research* 210, 81–94.

KROKHMAL, P., ZABARANKIN, M., URYASEV, S., 2011. Modeling and optimization of risk. *Surveys in Operations Research and Management Science*, 16, 49-66.

LAI, K.K., YU, L., WANG, S., 2006. Mean-variance–skewness–Kurtosis-based portfolio optimization. *IEEE First International Multi-Symposium on Computer and Computational Sciences*.

LIM, A. E.B., SHANTHIKUMAR, J. G., VAHN, G.-Y., 2011. Conditional value-at-risk in portfolio optimization: Coherent but fragile. *Operations Research Letters* 39, 163–171.

LIN, C.C., LIU, Y.T. 2008. Genetic algorithms for portfolio selection problems with minimum transaction lots. *European Journal of Operational Research*, 185, 393–404.

MARKOWITZ, H., 1952. Portfolio selection. *Journal of Finance* 7, 77–91.

MARKOWITZ, H., 1959. *Portfolio Selection: Efficient Diversification of Investments*. Wiley, New York.

MONTGOMERY, D. C., 2009. *Design and Analysis of Experiments*, 7th Edition, John Wiley & Sons, Inc, 656 p.

MYERS, R.H., MONTGOMERY, D.C., 2002. *Response Surface Methodology*, 2nd ed. Wiley, New York.

OLIVEIRA, F. A., PAIVA, A. P., LIMA, J. W. M., BALESTRASSI, P. P., MENDES, R. R. A., 2011. Portfolio optimization using Mixture Design of Experiments: Scheduling trades within electricity markets. *Energy Economics*, Volume 33, 24-32.

PIEPEL, G.F., 1988. Programs for generating extreme vertices and centroids of linearity constrained experimental region. *Journal of Quality Technology*, 20, 120-139.

ROCKAFELLAR R, URYASEV S. Conditional value-at-risk for general loss distributions. *Journal of Banking and Finance* 2002;26:1443–71.

SCHEFFÉ, H., 1958. Experiments with Mixtures, *Journal of Royal Statistical Society. Series B*, 20, 344-360.

STIRLING, A., 1994. Diversity and ignorance in electricity supply investment. *Energy Policy*, 22, 195-216.

SOYER R., TANYERI, K., 2006. Bayesian portfolio selection with multi-variate random variance models. *European Journal of Operational Research*, 171, 977–990.

ZHANG, W.G., ZHANG, X.L., XIAO, W.L., 2009. Portfolio selection under possibilistic mean–variance utility and a SMO algorithm, *European Journal of Operational Research* 197,693–700.

ZHANG, W.G., LIU, Y.J., XU, W.J., 2012. Portfolio selection under possibilistic mean–semivariance-entropy model for multi-period portfolio selection with transaction costs, *European Journal of Operational Research* 222, 341-349.

Capítulo 27

RESPONSABILIDADE SOCIAL NO BRASIL: AS INICIATIVAS DE INSTITUCIONALIZAÇÃO DO FENÔMENO

Leonardo Petrilli
Alessandra Rachid
Mário Sacomano Neto
Juliana Fernanda Monteiro De Souza
Allyson Jesus Ribeiro Leite

RESPONSABILIDADE SOCIAL NO BRASIL: AS INICIATIVAS DE INSTITUCIONALIZAÇÃO DO FENÔMENO

Leonardo Petrilli

Alessandra Rachid

Mário Sacomano Neto

Juliana Fernanda Monteiro De Souza

Allyson Jesus Ribeiro Leite

Resumo

A responsabilidade social ganhou forte impulso no Brasil durante a década de 1990, por meio da ação de entidades não governamentais e institutos de pesquisa sensibilizados para a questão. A pesquisa tem como objetivo a observação dos trabalhos de difusão e institucionalização do fenômeno de responsabilidade social no contexto brasileiro. Foi realizado um levantamento das instituições que trabalham o tema no país das mais diversas formas de atuação, desde elaboração de diretrizes, até o desenvolvimento de indicadores. Os resultados do levantamento demonstram que os trabalhos para difusão do tema tiveram início no país ao final da década de 1980 e naquele momento surgiram ações voltadas para a responsabilidade social governamental. Os resultados revelam que o principal indicador brasileiro, promovido pelo instituto Ethos surgiu mais recentemente, em 2002. A pesquisa conclui que as iniciativas de responsabilidade social no Brasil são mais recentes do que nos Estados Unidos e na Europa, cujas discussões entorno do tema tiveram início na década de 1950. O primeiro trabalho de difusão do tema no Brasil surgiu em um período de vulnerabilidade política e econômica, revelando a importância destas ações e o seu caráter filantrópico. Conclui-se que a responsabilidade social é um fenômeno em construção no Brasil, com início tardio.

Palavras-Chave: Responsabilidade social; institucionalização; difusão.

1. Introdução

A responsabilidade social é um fenômeno que começou a surgir nos anos 1960, nos Estados

Unidos e, desde então, se difundiu para outros países e foi adotada por inúmeras empresas, visto sua capacidade de comunicar ao mercado as ações de natureza social realizadas pelas organizações (TEIXEIRA, 2004). No Brasil, segundo Machado Filho (2006) a responsabilidade social começou a ser valorizada e ganhou forte impulso na década de 1990, por meio da ação de entidades não governamentais, institutos de pesquisa e empresas sensibilizadas para a questão.

Além da imagem, para as organizações efetivamente interessadas, a responsabilidade social pode ajudá-las a se aproximar do seu público e da sociedade, ao considerar as demandas das comunidades do entorno e da sociedade em geral (FREEMAN, 1984; ASHLEY, 2005). Respondendo positivamente a essas demandas, a organização mostra que não está preocupada apenas com a questão financeira e com os interesses de seus acionistas. As empresas percebem que há uma pressão para agirem dentro de padrões éticos e sustentáveis com seus públicos interno e externo, avaliando o seu desempenho socioambiental em suas estratégias e comunicando os investimentos que realiza nesse campo. Para Carroll e Hoy (1984), o processo de construção estratégica é incompleto sem a inclusão da Responsabilidade Social. Granovetter (2007) afirma que uma das questões clássicas da teoria social é como os comportamentos e as instituições são afetados pelas relações sociais. O autor apresenta o argumento de imersão/ enraizamento (*embeddedness*) da teoria econômica nas relações sociais, enfatizando o papel das relações pessoais concretas e as estruturas dessas relações na origem da confiança e no desencorajamento da má-fé. Isto explica a preferência em fazer transações com indivíduos de reputação conhecida e implica que poucos estão realmente dispostos a confiar na moralidade generalizada ou nos dispositivos institucionais para evitar problemas. Para North (1994), as instituições constituem o arcabouço imposto pelo ser humano a seu relacionamento com os outros. Estas são formadas para reduzir as incertezas por meio da estruturação das interações. Meyer e Rowan (1977) dizem que os valores, quando se tornam institucionalizados, fazem as pessoas passarem a observar aspectos das instituições que deixam de ser invisíveis e tornam-se mais comuns e presentes na vida das pessoas. Os autores colocam a importância desses valores para os cidadãos dentro de uma sociedade, para o desenvolvimento de profissionais treinados, nas modificações do mercado e na opinião pública.

Tolbert e Zucker (1996) apud Bondy (2009) lembram que a observação das instituições permite perceber o grau de incorporação desses valores dentro da sociedade, na qual grande parte das estruturas sociais são erguidas ou modificadas para responder a esses valores.

2. Referencial teórico

2.1. Responsabilidade social

As preocupações com a responsabilidade social surgiram a partir da década de 1960, nos Estados Unidos, e em meados da década de 1970, na Europa. Gjølberg (2010) lembra o compromisso da Europa com a responsabilidade social implícita, que incluem um extensivo Estado de bem-estar social (*Welfare State*), fortes arranjos neocorporativistas e uma cultura política de participação. A presença de um extenso Estado de bem-estar social deve conduzir a um compromisso mais forte com a responsabilidade social (GJØLBERG, 2010; GOND et al. 2012). Mais recentemente, esta ganhou espaço nos países em desenvolvimento (TEIXEIRA, 2004; FARIA e SAUERBRONN, 2008).

No Brasil, a responsabilidade social começou a ser valorizada e ganhou forte impulso na década de 1990, por meio da ação de organizações não governamentais (ONGs), institutos de pesquisa e empresas sensibilizadas para a questão. Machado Filho (2006) diz que o processo de redemocratização e a emergência da sociedade civil desde 1988 contribuíram para a mudança na conduta das organizações no Brasil. De acordo com Tenório (2006), a responsabilidade social tende a ganhar força quando a sociedade se mobiliza e pressiona governo e empresas para encontrarem uma solução para os problemas gerados pela sua atuação.

Almeida (2002) e Alledi Filho et al. (2007) ressaltam a pressão sobre as empresas para que estas estejam mais abertas e transparentes em sua relação com a sociedade.

Borger (2001) resalta que, com o passar dos anos, há uma transformação do tema. Antigamente, bastava a instalação de uma empresa em uma determinada região para que as pessoas achassem que aquilo era um benefício para a sociedade, pois a organização trazia empregos e renda.

Até a década de 1950, a responsabilidade social assumia uma dimensão estritamente econômica, sendo entendida como a capacidade empresarial de geração de lucros, criação de empregos, pagamento de impostos e cumprimento das obrigações legais (TENÓRIO, 2006).

Bowen (1953) lembra que, nessa época, a visão do conceito era voltada às responsabilidades dos homens de negócio, questionando quais responsabilidades deveriam ser esperadas deles.

Um dos mais citados representantes dessa visão, o economista Milton Friedman (1970), dizia que a única responsabilidade social das empresas era gerar lucro para seus acionistas, dentro

das regras sociais (leis), como fica claro no trecho a seguir:

“A responsabilidade social da empresa consiste em aumentar seus próprios lucros [...]. Será que os administradores - desde que permaneçam dentro da lei - possuem outras responsabilidades no exercício de suas funções além daquela que é aumentar o capital dos acionistas? Minha resposta é não, eles não têm” (FRIEDMAN, 1970).

Ainda na década de 1950, os tribunais de Nova Jersey deram ganho favorável aos diretores de uma indústria que queriam fazer uma doação de recursos a uma universidade, contrariando seus acionistas. Essa ação foi determinante para o reconhecimento de que as organizações podem agir também pela sociedade e não somente pelos seus acionistas. Dessa forma, a filantropia corporativa passou a ser reconhecida como lei (ASHLEY, 2005).

Em 1971, o Comitê para o Desenvolvimento Econômico (CED) dos Estados Unidos utilizou o modelo de círculos concêntricos para descrever os diferentes estágios das empresas em relação à responsabilidade social. Neste modelo, o círculo interno refere-se às empresas cujas atenções estão voltadas apenas para as questões econômicas básicas como crescimento e produção. No círculo intermediário estão empresas que tratam as questões econômicas considerando valores e prioridades sociais. O círculo externo indica as empresas que são ativas na busca pela melhoria do meio social (*Committee for Economic Development*, 1971).

Lim e Tsutsui (2011) lembram que os esforços para institucionalizar a normas mundiais de responsabilidade social datam do início dos anos 1970. A Organização das Nações Unidas (ONU) estabeleceu o Centro de Empresas Transnacionais em 1974; a Organização para a Cooperação Econômica e Desenvolvimento (OCDE) teve suas diretrizes para empresas multinacionais aprovadas em 1976; e a Organização Internacional do Trabalho (OIT) adotou a declaração de princípios sobre as empresas multinacionais e política social em 1977 (LIM e TSUTSUI, 2011).

Carroll (1979), um dos autores clássicos sobre o tema, insere o valor de ética e a prática de filantropia na definição do conceito, ressaltando que as empresas deveriam ter outras obrigações além das financeiras, pois, segundo o autor, a responsabilidade social engloba a totalidade de obrigações empresariais junto à sociedade.

As responsabilidades éticas, segundo Carroll (1979) incorporam as normas estabelecidas pelo âmbito econômico e legal como base para a preocupação com o consumidor, funcionários e acionistas e outros públicos da empresa, preocupando-se com o respeito e proteção a esses *stakeholders*. O movimento de ética nos negócios nas décadas de 1970 e 1980 estabeleceu a ética como um componente legítimo da responsabilidade social.

A responsabilidade discricionária, também conhecida como filantropia, é atingida por meio de iniciativas de obras beneficentes, projetos sociais, entre outras iniciativas desse gênero, sem que haja uma imposição legal. Carroll (1979) considera, ainda, que a filantropia abrange as ações corporativas que são em resposta à expectativa da sociedade de que as empresas tenham uma conduta social mais responsável.

Quadro 1 - Componentes Éticos e Filantrópicos da Responsabilidade Social

Componentes Éticos	Componentes Filantrópicos
1. Operar de acordo com as expectativas da sociedade, costumes e normas éticas	1. É importante operar de acordo com as expectativas filantrópicas e de caridade da sociedade
2. Conhecer e respeitar as novas normas éticas e morais adotadas pela sociedade e aquelas que estão em evolução	2. Deve-se assistir às artes performáticas
3. Evitar que as normas éticas sejam comprometidas a fim de alcançar metas operacionais	3. É importante que gestores e funcionários participem de atividades voluntárias e de caridade em comunidades locais
4. A boa cidadania corporativa deve ser definida como fazer o que é esperado eticamente ou moralmente	4. Prestar assistência às instituições de ensino privadas e públicas
5. Reconhecer que a integridade corporativa e comportamento ético vão além do cumprimento de leis e regulamentos	5. Auxiliar voluntariamente projetos que melhorem a qualidade de vida das comunidades

Fonte: Adaptado de Carroll (1991).

Pensando na responsabilidade social nos moldes mais atuais, Tenório (2006) esclarece que a fase contemporânea da responsabilidade social está associada aos valores requeridos pela sociedade pós-industrial:

“Nessa nova concepção do conceito, há o entendimento de que as companhias estão inseridas em um ambiente complexo, onde suas atividades influenciam ou têm impacto sobre diversos agentes sociais, comunidade e sociedade” (TENÓRIO, 2006).

Segundo o *Business for Social Responsibility* (BSR) sediado nos Estados Unidos:

“O conceito de empresa socialmente responsável se aplicará àquela que atue no ambiente de negócios de forma que atinja ou exceda as expectativas éticas, legais e comerciais do

ambiente social na qual a empresa se insere” (BSR, 2018).

Essa visão contemporânea e bastante difundida opõe-se à visão utilitarista observada nas correntes econômicas do passado. Este ponto de vista aponta que os *stakeholders*, ou seja, os diferentes atores sociais que interagem com a empresa, também devem ser considerados nos programas de responsabilidade social, sejam eles internos, como funcionários, ou externos como fornecedores, clientes, parceiros, dentre outros.

2.2 Difusão e Institucionalização

Para Lim e Tsutsui (2011), apesar de divergências sobre os motivos para adotar a responsabilidade social, todos os estudos partem da premissa de que o cálculo de custo-benefício impulsiona o comportamento socialmente responsável das empresas. Alguns pesquisadores têm encontrado que a reputação é a força motriz das atividades de responsabilidade social (GOOGINS et al. 2009; LACY et al 2010).

Lim e Tsutsui (2011) lembram que a análise sociológica destas forças sociais são mais importantes do que uma análise econômica e são essenciais para entender melhor a crescente popularidade em todo o mundo dos quadros de responsabilidade social e sua desigualdade por atores corporativos e estatais.

Essa discussão remete ao “*embeddedness*” de Granovetter (2007) e à influência da sociedade nas decisões das empresas, como exposto na introdução.

O papel das organizações muda visando atender uma força social e para adquirir a legitimidade necessária para operar com sucesso na sociedade. As organizações refletem os valores e expectativas resultantes de instituições incorporando elementos em seus produtos, políticas, programas e linguagem. Ao fazer isso, as organizações recriam práticas aceitas e imitam ideias socialmente legítimas, resultando na diminuição de heterogeneidade de respostas para as instituições (MEYER e ROWAN, 1977; SCOTT, 2008; MARCH e OLSEN 1989). Esse comportamento organizacional é chamado por DiMaggio e Powell (1983) de isomorfismo.

Estudiosos argumentam que forças coercitivas, miméticas e normativas levam muitas organizações a adotarem práticas organizacionais que são considerados legítimos em seu campo (DIMAGGIO e POWELL 1983; MEYER e ROWAN 1977). Esta abordagem prevê um crescente isomorfismo nas estruturas, comportamento e políticas de organizações locais, que adotam modelos legítimos da sociedade internacional (MEYER 2000; MEYER et al.

1997; THOMAS et al. 1987).

No mesmo sentido, Lim e Tsutui (2011) esclarecem que a maioria dos estudos dizem que a responsabilidade social é uma propriedade das empresas, mas estudos mais recentes reconhecem os efeitos de contextos nacionais e internacionais da responsabilidade social, o que reconhece a institucionalização destas práticas.

Para Aaken et al. 2013 a abordagem institucional destaca claramente a importância do ambiente institucional na explicação do comportamento pró-social. Assim, aborda ambos os motivos econômicos e não-econômicos, relacionando-as com as expectativas de responsabilidade social dentro de contextos institucionais, como os sistemas econômicos e jurídicos ou regiões geográficas.

O isomorfismo explica a disseminação de ideias e ações organizacionais no mercado, como forma de lidar com as incertezas do ambiente no qual operam. Segundo DiMaggio e Powell, (1983), existem três tipos de isomorfismo: coercitivo, mimético e normativo. O isomorfismo coercitivo diz respeito às pressões formais e informais sobre a organização, para refletir as expectativas culturais da sociedade da qual faz parte. O isomorfismo mimético ocorre quando as organizações moldam-se em outras organizações, consideradas exemplares. Por fim, ocorre o isomorfismo normativo ou coercitivo, divulgado por associações profissionais, periódicos especializados, imprensa de negócios, universidades e grupos de pesquisa.

Surgiram organizações que atuam na difusão das práticas de responsabilidade social e sustentabilidade no meio empresarial e iniciativas nessa área em organizações mais antigas.

A produção acadêmica sobre o tema reflete o estágio atual das pesquisas neste campo. Segundo Alledi Filho, Meiriño e Quelhas (2007) particularmente no que tange à responsabilidade social, as ferramentas, os indicadores e os conceitos estão em pleno período de desenvolvimento e amadurecimento. Multiplicam-se em metodologias, critérios de avaliação e princípios de gestão. Apesar da vasta literatura, a responsabilidade social continua sendo um campo em desenvolvimento (KANG e MOON, 2011).

Campbell (2007) ressalta a importância de arranjos nacionais, como regulação pública e privada, organizações não governamentais (ONGs), normas institucionalizadas, a associação entre empresas e diálogos organizados entre empresas e partes interessadas para monitorar seu comportamento.

3. Metodologia

A pesquisa contempla procedimento de revisão da literatura para construção do referencial teórico e um levantamento sistemático.

É uma pesquisa observacional, pois segundo Forza (2009), estas pesquisas envolvem coleta de dados qualitativos e quantitativos de interesse, em indivíduos de um ou mais grupos, mas sem intervenção.

Pode ser classificada, ainda, como uma pesquisa exploratória, que apenas descreve o fenômeno observado e suas características, mas não tem como intenção qualquer tipo de interferência no fenômeno visualizado. Gil (1999) considera que a pesquisa exploratória tem como objetivo principal desenvolver, esclarecer e modificar conceitos e ideias, tendo em vista a formulação de problemas ou hipóteses pesquisáveis para estudos posteriores. Segundo o autor, estes tipos de pesquisas são os que apresentam menor rigidez no planejamento, pois são planejadas com o objetivo de proporcionar visão geral, de tipo aproximativo, acerca de determinado fato.

4. Resultados

A pesquisa realizou, a partir da revisão bibliográfica, um levantamento das iniciativas de responsabilidade social no Brasil. Os resultados do levantamento contam no Quadro 2, que demonstra as organizações que atuam em ações dessa natureza no país.

É possível perceber que a primeira iniciativa surge em 1986, com a criação da Fundação Instituto de Desenvolvimento Empresarial e Social (FIDES), que desenvolve diretrizes voltadas ao tema através do desenvolvimento social e tem a ética inserida no centro dos seus trabalhos.

As iniciativas que surgem nesses anos iniciais do desenvolvimento do tema no país, estão voltadas à responsabilidade social governamental.

Em 1997 o Instituto Brasileiro de Análises Sociais e Econômicas (IBASE) cria o modelo brasileiro de balanço social. Este instrumento é voltado principalmente às empresas privadas, mas a atuação do instituto está ligada diretamente à atuação do governo e aos indicadores de desenvolvimento social.

Quadro 2 – Iniciativas e instituições brasileiras de responsabilidade social

Iniciativa	Ano de Criação	Organização Responsável	Enfoque	Forma de Atuação
Diretrizes FIDES	1986	Fundação Instituto de Desenvolvimento Empresarial e Social (FIDES)	Responsabilidade Social/ Ética	Diretrizes
PNBE	1987	Instituto do Pensamento Nacional das Bases Empresariais (PNBE)	Responsabilidade Social/ Cidadania	Diretrizes/ Metodologia
GIFE	1995	Grupo de Instituto, Fundações e Empresas (ICE)	Responsabilidade Social/ Desenvolvimento/ Terceiro Setor	Metodologia
Balço Social do Ibase	1997	Instituto Brasileiro de Análises Sociais e Econômicas (IBASE)	Responsabilidade Social	Diretrizes/ Metodologia
Código de Melhores Práticas Governança Corporativa	1999	Instituto Brasileiro de Governança Corporativa (IBGC)	Responsabilidade Social	Diretrizes/ Metodologia
ICE	1999	Instituto de Cidadania Empresarial (ICE)	Responsabilidade Social/ Desenvolvimento Local/ Terceiro Setor	Diretrizes/ Metodologia
Indicadores ETHOS	2002	Instituto Ethos de Empresas e Responsabilidade Social	Responsabilidade Social	Diretrizes/ Difusão/
NBR16001	2004	Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT)	Responsabilidade Social	Certificação
ISE	2005	Bolsa de Valores de São Paulo (BM&F Bovespa)	Sustentabilidade Empresarial	Metodologia

Fonte: Elaborado a partir da pesquisa.

Outro aspecto observado quanto à natureza das instituições promotoras da responsabilidade social é que o conceito de cidadania aparece mais de uma vez no escopo do trabalho de tais iniciativas. A maioria atua como diretriz e apenas uma instituição possui o caráter

certificador, a NBR 16001.

O Instituto Ethos foi criado em 1995 mas os seus indicadores somente em 2002 e é a ação mais concreta desta instituição. Mais recentemente, em 2005, a Bolsa de Valores de São Paulo (BM&F Bovespa) criou uma carteira especial para negociação de ações de empresas sustentáveis e abrange as ações de responsabilidade social. O Índice de Sustentabilidade Empresarial (ISE) é uma iniciativa voltada às empresas privadas e possui caráter legitimador, já que realiza uma classificação das empresas que são sustentáveis. Esta última iniciativa tem um trabalho diferente daquelas instituições que surgiram anos atrás e tinham seus trabalhos voltados ao desenvolvimento social.

5. Conclusões

As ações de responsabilidade social tiveram início na década de 1950 nos Estados Unidos e logo depois na Europa, onde estavam ligadas diretamente à construção de bem-estar social em um período pós-guerra. Nos anos seguintes a difusão e adoção destas práticas são expandidas, assim como o escopo do fenômeno. Estas práticas conferem legitimidade às organizações e o engajamento no tema possui caráter normativo e mimético, ou seja, a expansão na adoção de tais ações incentivam o mercado e outras empresas a internalizarem tais ações para criar condições de competitividade frente aos concorrentes, já que a sociedade também desenvolveu, ao passar dos anos, maior consciência, senso crítico e mecanismos de cobrança. Quando isto é observado, é percebido que tal fenômeno está institucionalizado, ou seja, ganhou importância e é exigido por normas, ainda que informais, através dos mecanismos de cobrança dos consumidores.

Ao observar a institucionalização do fenômeno, se faz necessário a análise dos mecanismos que propiciam tal difusão do tema. Desta forma, a pesquisa realizou um levantamento para observar as instituições e iniciativas brasileiras de responsabilidade social.

Os resultados da pesquisa revelam que o tema começa a ser trabalhado no Brasil apenas em 1986, quando surge a primeira iniciativa, pela Fundação Instituto de Desenvolvimento Empresarial e Social, que desenvolve uma diretriz voltada à inserção da ética nos negócios e ao desenvolvimento social, atribuindo importância ao nível governamental do tema.

As próximas iniciativas, o Instituto do Pensamento Nacional das Bases Empresariais (PNBE) que data de 1987, o Grupo de Instituto, Fundações e Empresas (ICE) que surge em 1995, e o Instituto Brasileiro de Análises Sociais e Econômicas (IBASE) de 1997, possuem iniciativas

voltadas a atuação do governo ou a criar mecanismos de desenvolvimento social embora seus trabalhos estivessem direcionados também às empresas. Em 1999 surge o Instituto Brasileiro de Governança Corporativa, dedicado aos trabalhos de inserção de transparência e valores nos negócios e cobrança de resultados organizacionais voltados aos acionistas, portanto, é uma iniciativa direcionada especificamente às empresas privadas e na difusão de outro fenômeno, a governança corporativa, mas é percebido a correlação com o tema da responsabilidade social ao tratar de valores de gestão.

A pesquisa evidencia o caráter recente do tema ao observar ainda que, apenas em 1995, mais de quarenta anos depois dos Estados Unidos, surge o principal órgão de difusão do fenômeno no Brasil, o Instituto Ethos. Anos mais tarde, somente em 2002, esse instituto lança indicadores de responsabilidade social no país.

A criação de um índice de negociação de ativos da bolsa de valores de São Paulo, a principal do país, em 2005, voltado ao tema da sustentabilidade, com a inserção da responsabilidade social em seu escopo, reforça que a importância do tema no Brasil é muito recente, principalmente voltado à atuação de empresas privadas.

A pesquisa, ao realizar o levantamento das instituições e iniciativas voltadas à responsabilidade social no contexto brasileiro, verificou que a inserção do fenômeno no país é muito recente, possui poucas organizações voltadas ao tema, surgiu com caráter de desenvolvimento social e em nível governamental, e pode estar relacionado ao contexto político, econômico e social que o país viveu em meados da década de 1980, com a crise do plano Collor. A responsabilidade social conta com aproximadamente dez instituições no país e os esforços para a institucionalização do tema são recentes e está em construção.

REFERÊNCIAS

AAKEN, Van D.; SPLITTER, V.; SEIDL, D. *Why do corporate actors engage in pro-social behaviour? A Bourdieusian perspective on corporate social responsibility* - Organization, Vol 20, Issue 3, pp. 349 – 371. 2013. Disponível em: < <https://doi.org/10.1177/1350508413478312> > Acesso em 02 Junho 2018.

ALMEIDA, F. *O bom negócio da sustentabilidade*. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 2002.

ASHLEY, P. A. (Coord.) *Ética e responsabilidade social nos negócios*. São Paulo: Saraiva, 2005.

BORGER, F. G. *Responsabilidade Social: Efeitos da atuação social na dinâmica empresarial*. 2001. 258 p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

BOWEN, H. R. *Social responsibilities of the businessman*. New York: Haper e Row, 1953.

BUSINESS SOCIAL RESPONSIBILITY INSTITUTE. *Social Responsibility*. Disponível em:<<http://www.bsr.org>>. Acesso em 08 Maio 2018.

CAMPBELL, J. L. *Why would corporations behave in socially responsible ways? an institutional theory of corporate social responsibility*. *Academy of Management Review*, New York, v. 32, n. 3, p. 946-967, jul. 2007.

CARROLL, A. B. *A Three-Dimensional Model of Corporate Performance*. *Academy of Management Review* v. 4, p.497-505, 1979.

CARROLL, A. *The Pyramid of Corporate Social Responsibility: Toward the Moral Management of Organizational Stakeholders*. Business Horizons, Jul-Ago 1991.

CARROLL, A.; HOY, F. *Integrating corporate social policy into strategic management*. *Journal of Business Strategic*, v. 4, n.3, pp.48-57, 1984.

COMITÊ PARA O DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO. *Responsabilidade Social dos Negócios*. Disponível em:< <https://www.ced.org/reports/single/social-responsibilities-of-business-corporations>>. Acesso em 04 Junho 2018.

DIMAGGIO, P. e POWELL, W. *The iron cage revisited: institutional isomorphism and collective rationality in organization fields*. *American Sociological Review*, v.48, pg. 147-160, 1983.

FARIA, A.; SAUERBRONN, F. F. *A responsabilidade social é uma questão de estratégia? Uma abordagem critica*. *Revista de Administração Pública*. v.42, n.1, pg.07-33, jan/fev.2008.

FORZA, Cipriano. *Surveys*. In: Karlson, C. *Researching Operations Management*. NY, Routledge, 2009.

FREEMAN, R. E. *Strategic management: A stakeholder approach*. Boston: Pitman, 1984.

FRIEDMAN, M. *The Social Responsibility of Business is to Increase its Profits*. *New York Times Magazine*. New York, Sept. 13: pp. 32-33, 1970.

GIL, A. C. *Métodos e técnicas de pesquisa social*. 5.ed. São Paulo: Atlas, 1999.

GJØLBERG, M. *The Origin of Corporate Social Responsibility: Global Forces or National Legacies?*. *Socio-Economic Review*, V.7, p.605–637, 2010.

GLOBAL REPORTING INITIATIVE (GRI). *Sustainability reporting guidelines*. 2013. Disponível em: < <https://www.globalreporting.org/Pages/default.aspx>>. Acesso em 03 Junho 2018.

GOOGINS, B. et al. *State of Corporate Citizenship 2009: Weathering the Storm*. Boston, MA: Boston College Center for Corporate Citizenship, 2009.

GRANOVETTER, M. *Ação econômica e estrutura social: o problema da imersão*. *Revista de Administração de Empresas*, v. 6, n. 1, Art. 9, 2007.

IBASE. *Sobre o Ibase*. Disponível em:<<http://ibase.br/pt/sobre-o-ibase/>>. Acesso em 18 Junho 2018.

IBGC. *Governança Corporativa*. Disponível em:< <http://www.ibgc.org.br/inter.php?id=18161>> Acesso em 02 Junho 2018.

ÍNDICE DE SUSTENTABILIDADE EMPRESARIAL. São Paulo: Bovespa. Disponível em:< http://www.bmfbovespa.com.br/pt_br/produtos/indices/indices-de-sustentabilidade/indice-de-sustentabilidade-empresarial-ise.htm#panel3a >. Acesso em 02 Maio 2018.

INSTITUTO ETHOS DE RESPONSABILIDADE SOCIAL. *Indicadores Ethos de RS*. Disponível em:< <https://www3.ethos.org.br/conteudo/indicadores/> > Acesso em 02 Junho 2018.

KANG, N; MOON, J. Institutional complementarity between corporate governance and Corporate Social Responsibility: a comparative institutional analysis of three capitalisms. *Socio-Economic Review*. V.10, 85–108, 2011.

LACY, P. et al. *A New Era of Sustainability: UN Global Compact-Accenture CEO Study 2010*. Dublin, Ireland: Accenture Institute for High Performance, 2010.

LIM, A; TSUTSUI, K. *Globalization and Commitment in Corporate Social Responsibility: Cross-National Analyses of Institutional and Political-Economy Effects*. *American Sociological Review*, p.69-77, 2011.

MACHADO FILHO, C. P. *Responsabilidade social e governança: o debate e as implicações*. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2006.

MARCH, J. e OLSEN, J. *Rediscovering institutions: the organizational basis of politics*. New York: Free Press, 1989.

MEYER, J. e ROWAN, B. Institutionalized organizations: formal structure as myth and ceremony. *The American Journal of Sociology*, v.83, n.2, pg.340-363, 1977.

NORTH, D. *Custos de Transação, Instituições e Desempenho Econômico*. Rio de Janeiro: Instituto Liberal, 1994.

PONTO DE CONTATO NACIONAL PARA AS DIRETRIZES OCDE. Disponível em:<<http://www.pcn.fazenda.gov.br/diretrizesdaocdeparaempresasmultinacionais>>. Acesso em 02 Junho 2018.

QUELHAS, O. L. G.; ALLEDI FILHO, C. ; MEIRINO, M. . Responsabilidade Social, Ética e Sustentabilidade na Engenharia de Produção. In: BATALHA, M.O.. (Org.). *Introdução à Engenharia de Produção*. Rio de Janeiro: Elsevier Editora Campus, 2007, v. 1, p. -273.

SCOTT, W. R. Early Institutionalists. In: _____. *Institutions and Organizations: ideas and interests*. 3. ed. London: Sage Publications, 2008. Cap. 1, p. 1-18.

TEIXEIRA, L. da S. *Responsabilidade Social Empresarial*. Brasília: Consultoria Legislativa. Câmara dos Deputados, 2004.

TENÓRIO, F. G. *Responsabilidade Social Empresarial: Teoria e Prática*. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2006.

THOMAS, G., and Pat Lauderdale. "World Polity Sources of National Welfare and Land Reform." Pp. 92–110 in *Institutional Structure*, by George M. Thomas, John W. Meyer, Francisco O. Ramirez, and John Boli. Beverly Hills, Calif.: Sage. 1987

TOLBERT, P.; ZUCKER, L. G. The institutionalization of institutional theory. In: CLEGG, S. R.; HARDY, C.; NORD, W. R. (Eds.). *Handbook of organization studies*. London: Sage Publications, 1996. p. 175-190.

Capítulo 28

SISTEMATIZAÇÃO PARA ELABORAR A EAP PARA PROJETOS EM PORTOS DESTINADOS AO EMBARQUE DE MINÉRIO DE FERRO

Patricia Almeida de Albuquerque
Marina Ribeiro Barros Dias
Eliane da Silva Christo

SISTEMATIZAÇÃO PARA ELABORAR A EAP PARA PROJETOS EM PORTOS DESTINADOS AO EMBARQUE DE MINÉRIO DE FERRO

Patricia Almeida de Albuquerque

Marina Ribeiro Barros Dias

Eliane da Silva Christo

Resumo

A Estrutura Analítica do Projeto (EAP) é considerada um importante documento para a gestão do projeto. O processo de criar a EAP trata a subdivisão do trabalho em partes menores por meio da decomposição hierárquica do escopo total do projeto, objetivando fornecer uma visão estruturada e organizada das entregas requeridas. O presente trabalho propõe o desenvolvimento de uma sistematização para elaborar a EAP para o caso dos Portos destinados ao embarque de minério de ferro, através da análise de alguns tipos de EAP e suas correlações com as características do projeto, tendo como referência as definições básicas sobre projetos, gerenciamento de projetos e processo de embarque de minério de ferro. Ao final do trabalho foi possível determinar como as características do projeto podem direcionar a escolha do tipo da EAP.

Palavras-chave: gestão de projetos, EAP, porto, minério de ferro

1. Introdução

O Guia PMBOK® (2013) descreve que um projeto pode ser definido como um esforço temporário, com início e fim definidos, para entregar um produto ou serviço exclusivo e considera que o desenvolvimento de um projeto contempla os processos de iniciação, planejamento, execução, monitoramento/controle e encerramento.

Durante seu planejamento existe a necessidade de realizar o gerenciamento do escopo do projeto, que é elaborado através dos seguintes processos: coleta dos requisitos, definição do escopo e criação da estrutura analítica do projeto.

De acordo com o Guia PMBOK® (2013), a Estrutura Analítica do Projeto (EAP) é definida

como a forma de decompor o projeto em pacotes de trabalho, e sua importância decorre do fato de que uma divisão eficiente do trabalho é fundamental para o sucesso do projeto, pois ajuda a organizar suas fases, suas entregas e seus trabalhos mais relevantes.

Na área de conhecimento do “gerenciamento do escopo”, o Guia PMBOK® (2013) considera um total de seis processos, sendo quatro deles pertencentes ao grupo de planejamento (planejar o gerenciamento do escopo, coletar os requisitos, definir o escopo e criar a EAP) e dois deles pertencentes ao grupo de monitoramento/controle (validar o escopo e controlar o escopo).

De acordo com Terribili Filho (2013), ao relatar os cinco problemas com maior frequência das organizações no Brasil, o gerenciamento do escopo aparece em segundo e quarto lugar, com duas vertentes: mudanças de escopo constantes (43%) e escopo não definido adequadamente (39,5%), representando, respectivamente, problemas na execução (monitoração/controle) e no planejamento do projeto.

Segundo o ICB (2012 apud PEREIRA et al., 2015), a EAP é o instrumento central para organização e comunicação do projeto, estabelecendo a base para o planejamento e controle do projeto. Porém, apesar da significância e repercussão da EAP no projeto, existe uma carência de metodologias e ferramentas para o desenvolvimento de uma EAP apropriada (SIAMI-IRDEMOOSA; DINDARLOO E SHARIFZADEH, 2015).

Baseado na pesquisa bibliográfica observa-se que atualmente, apesar de existir vasto referencial teórico sobre o objetivo de uma EAP, pouco se encontra sobre a forma detalhar uma EAP. Na tentativa de preencher tal lacuna, este trabalho propõe a criação de uma sistematização para elaborar a EAP para projetos em Portos destinados ao embarque de minério de ferro. Esta proposta leva em conta que a similaridade destes tipos de projetos viabiliza o desenvolvimento de um guia com alguns tipos de EAP que podem ser utilizados com o intuito de subsidiar o gerenciamento do projeto.

2. Metodologia

O trabalho teve como objetivo realizar uma pesquisa exploratória, que se concentrou em buscar uma solução para padronizar as opções de EAP para o caso dos projetos em Portos destinados ao embarque de minério de ferro. O trabalho foi iniciado pela pesquisa bibliográfica sobre gerenciamento de projetos, com foco no processo de elaboração da EAP.

Na sequência foi realizada a pesquisa documental, baseada em procedimentos de corporações que atuam com embarque de minério de ferro, em EAPs geradas pelas principais empresas que prestam serviços e/ou fornecem equipamentos no caso estudado, assim como na declaração de escopo destes projetos. As identidades das empresas foram preservadas, asseguradas pelo princípio da confidencialidade.

Após a conclusão das pesquisas bibliográfica e documental, foi possível elaborar os tipos de EAP. Com base no material desenvolvido, prosseguiu-se com a construção de um roteiro para uma entrevista padronizada (Apêndice A), que foi aplicada a um grupo de gerentes de projetos, objetivando consolidar suas opiniões sobre a preferência por um tipo de EAP.

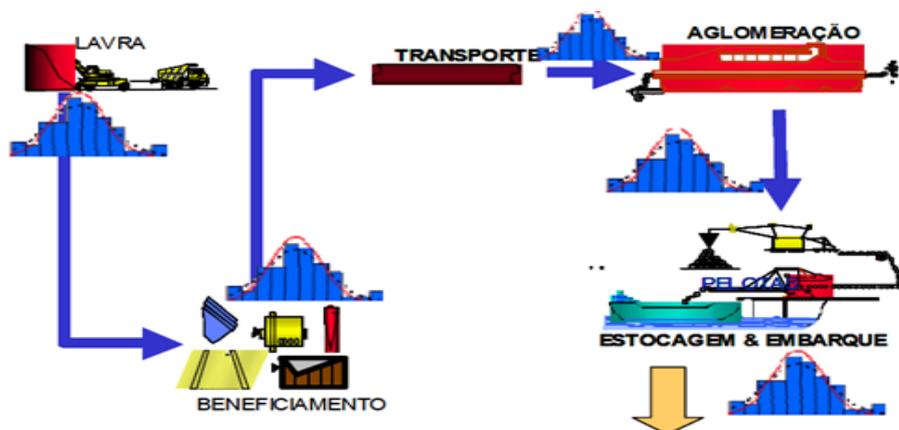
A seleção do grupo de gerentes foi realizada por meio do contato profissional da autora, onde a maioria dos entrevistados possui graduação em engenharia e em média vinte e cinco anos de experiência profissional, com atuação na área de gerenciamento de projetos durante a trajetória profissional. Na ocorrência da entrevista, cinco entrevistados ocupavam o cargo de gerentes de projetos, dois tinham cargo de gerente geral de projetos, três estavam trabalhando como consultores e um atuava como gerente de operações.

3. Referencial teórico

3.1. Embarque de minério de ferro

Castro Neto (2006) considera a operação das maiores empresas mineradoras do Brasil e representa fluxograma esquemático do processo produtivo completo do minério de ferro, demonstrado na Figura 1.

Figura 1 – Processo produtivo do minério de ferro



Fonte: Castro Neto (2006)

O processo operacional dos Portos destinados ao embarque de minério de ferro considera as etapas de descarregamento, estocagem e, por fim, embarque de minério de ferro, conforme Figura 2.

Figura 2 - Processo operacional dos Portos que exportam minério de ferro



Fonte: Vale (2016)

Na etapa de descarregamento, o minério de ferro é transferido para as correias transportadoras, normalmente, por meio do sistema de virador de vagões, que é um equipamento que opera continuamente. (PORTO SUDESTE, 2016).

Já a etapa de estocagem se inicia com a transferência do minério de ferro pelo sistema de correias transportadoras, composto pelos transportadores de correia e casas de transferência, até chegar às empilhadeiras que depositam o minério, em forma de pilhas, nos pátios de estocagem.

Por fim, a etapa de embarque é iniciada pela retomada do minério que transfere o minério para o sistema de correias transportadoras que tem como destino o Píer, onde fica localizado o equipamento Carregador de Navios que recebe o minério e transfere o mesmo para os navios de minério de ferro.

3.2. Processo para criar a Estrutura Analítica do Projeto (EAP)

Segundo o guia PMBOK® (2013), o processo “criar a EAP” trata da subdivisão do trabalho em partes menores por meio da decomposição hierárquica do escopo total do projeto, objetivando fornecer uma visão estruturada e organizada das entregas requeridas. As subseções seguintes descrevem as entradas e saídas do processo, bem como as ferramentas e técnicas a serem aplicadas, de acordo com o guia PMBOK® (2013).

3.2.1. Entradas do processo

Para criar a EAP são consideradas as seguintes entradas do processo:

- a. **Plano de gerenciamento do escopo**, que caracteriza como o escopo será definido, desenvolvido, monitorado, controlado e verificado.
- b. **Declaração do escopo do projeto** trata a especificação do escopo do projeto, as restrições ou limitações, a descrição do escopo do produto, os critérios de aceitação e as premissas.
- c. **Documentação dos requisitos** retrata como os requisitos individuais do projeto devem atender às necessidades do negócio.
- d. **Fatores ambientais da empresa** se referem às condições da empresa que estão fora do controle da equipe do projeto e que influenciam, restringem ou direcionam o projeto.
- e. **Ativos de processos organizacionais**, que contêm os planos, as políticas, os processos, os procedimentos, os modelos e as bases de conhecimento, particulares da organização.

3.2.2. Ferramentas e técnicas

As ferramentas e técnicas são mecanismos aplicados às entradas para gerar as saídas e, no processo de criação da EAP, são utilizadas a técnica/ferramentas:

- a. **Decomposição:** É a técnica utilizada para dividir e subdividir o escopo / entregas do projeto em partes menores, organizadas hierarquicamente. O nível de decomposição deve ser guiado pelo grau de controle necessário para gerenciar o projeto eficazmente, sendo que entregas distintas podem ter diferentes níveis de decomposição.
- b. **Opinião especializada** é habitualmente utilizada na análise das entradas disponíveis para decompor o projeto e elaborar eficazmente uma EAP, com foco nas minúcias técnicas do escopo do projeto usadas para harmonizar as diferenças de opinião sobre a melhor maneira de decompor o escopo geral do projeto.

3.2.3. Saídas do processo

O processo de criação da EAP gera as saídas:

- a. **Linha de base do escopo**, que é a versão aprovada de uma especificação de escopo do projeto, de uma estrutura de decomposição do trabalho (EAP) e seu respectivo dicionário.
- b. **Atualizações nos documentos do projeto**, pois caso o processo “criar a EAP” acarrete mudanças, as mesmas devem ser aprovadas e, posteriormente, a documentação dos requisitos deve ser atualizada para contemplar tais mudanças.

4. Elaboração dos tipos de EAP

Levando em consideração que o nível mais alto da EAP representa o projeto inteiro (IBRAHIM, Y. et al., 2007), para todos os tipos de EAP desenvolvidos, será adotada a premissa de que o primeiro nível da EAP será dado pelo nome do projeto. Por exemplo: Projeto de Implantação para embarque de minério de ferro no Porto XXX. O nome do Porto não será evidenciado, pois a pesquisa foi relacionada a diversos Portos que operam com minério de ferro, por exemplo: Porto Sudeste, Porto de Itaguaí, Porto de Tubarão, etc.

Para definição do segundo nível da EAP, Globerson (1994) apresenta alguns exemplos de organização, com pacotes compostos pela localização geográfica, subsistemas, cronologia, etc., e estes podem ser complementados com outras opções, como: tipo de construção, ciclo de vida, produto, função, etc. (IBRAHIM, Y. et al., 2007).

Outros autores confirmam os tipos de detalhamento, como Colenso (2000), que descreve a EAP composta pelas etapas do ciclo de vida do projeto e na sequência pelos entregáveis de cada etapa, assim como C-Y Chen, P-C Chen e Lu (2013), que citam a existência de vários métodos de decomposição do projeto, podendo ser pela função, pelo produto, pelo cliente ou pela região geográfica. M. Losasso et al. (2012), demonstram uma EAP baseada na estrutura do produto combinada com a arquitetura de compras do contrato.

Piagge e Marcola (2014) elaboram um exemplo prático de EAP com o nome do projeto no primeiro nível e com os entregáveis no segundo nível da EAP.

Ao avaliar os tipos de decomposição da EAP propostos pelos autores e as EAPs utilizadas nos projetos em Portos destinados ao embarque de minério, este trabalho desenvolverá os tipos de EAP, com o segundo nível guiado pela área física (localização), pelo subsistema (processo operacional), pelo tipo de equipamento ou construção e pelo ciclo de vida do projeto.

É importante destacar que o segundo nível é mandatório para a visão principal que se deseja ter sobre o projeto, já os demais níveis da EAP servirão para planejar e controlar o conteúdo do nível acima.

Nas áreas físicas são considerados os itens pátio, píer e edificações de apoio. Os subsistemas podem ser representados pelos processos operacionais de descarregamento, estocagem, beneficiamento, embarque, apoio e geral. O tipo de equipamento ou construção incluem os ativos típicos para o embarque de minério, que são Máquinas Móveis, Viradores de Vagões, Sistema de Correias Transportadoras, Subestações, Edificações e Infraestrutura. O ciclo de vida dos projetos industriais é composto pelas etapas: engenharia, fabricação ou suprimentos, obras civis, montagem eletromecânica, testes e operação assistida.

Ainda durante a análise dos procedimentos, observou-se que os grupos do segundo nível da EAP continham equipamentos e construções, formando o terceiro nível da EAP. Para determinar o quantitativo e o detalhamento dos equipamentos e das construções (terceiro nível da EAP) foram avaliados e compilados os escopos dos projetos realizados nos Portos destinados ao embarque de minério de ferro.

Desta forma, a partir das informações coletadas e analisadas, os tipos de EAP foram elaborados através de um software de gerenciamento de projetos e para cada tipo EAP foi necessário criar um arquivo exclusivo, onde cada nível foi cadastrado obedecendo a respectiva organização hierárquica, que são demonstradas nos subitens seguintes.

4.1. EAP organizada pela área física

O primeiro nível da EAP será composto pelo nome do projeto, o segundo nível será orientado pela área física e o terceiro nível pelo nome do equipamento ou construção, conforme ilustra a Figura 3.

Figura 3 – Tipo de EAP pela área física



Fonte: Desenvolvido pela autora (2016)

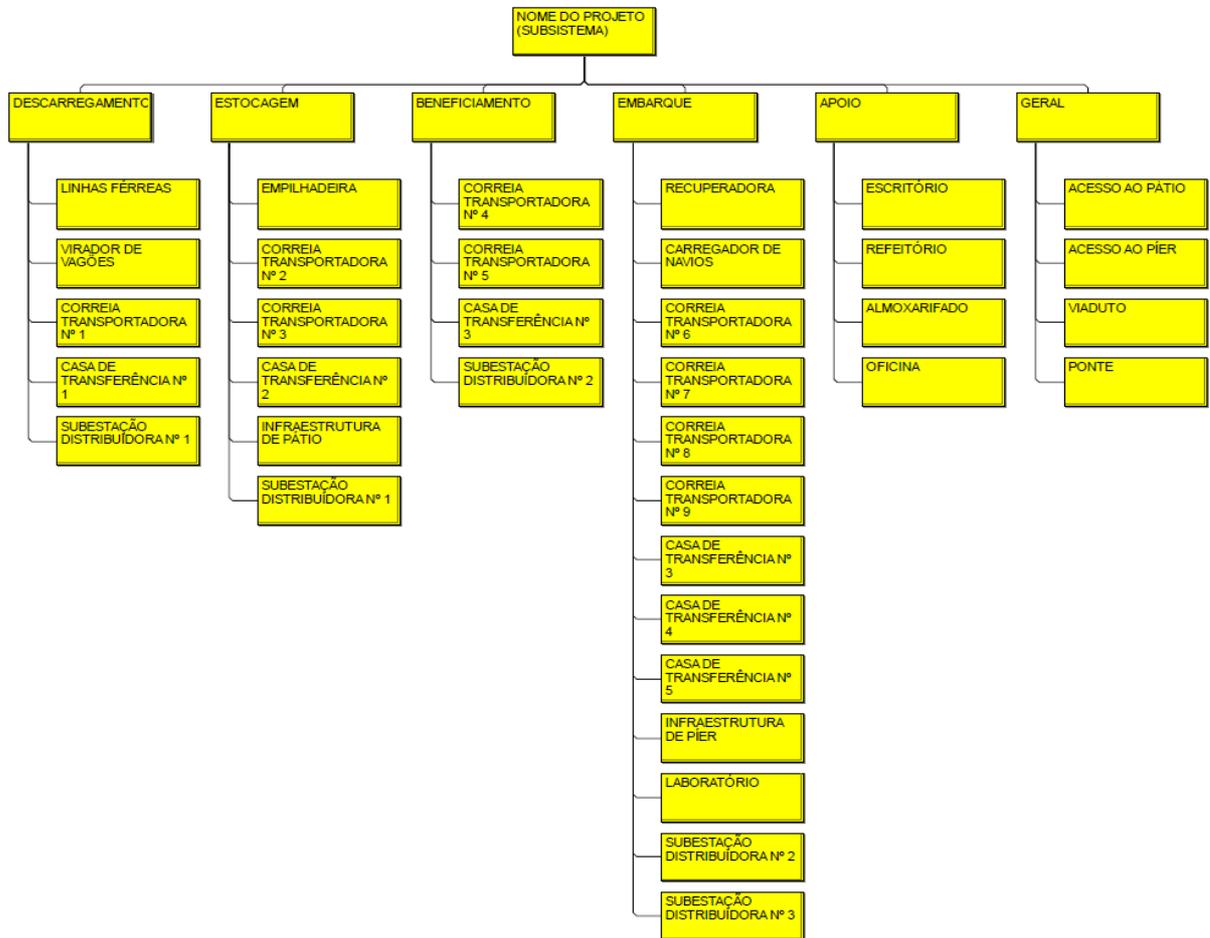
O conteúdo de cada pacote refere-se aos equipamentos ou construções que estão fisicamente localizados no Pátio, no Píer e na área as edificações de apoio. É possível observar que o as áreas físicas Pátio e Píer possuem equipamentos semelhantes.

4.2. EAP organizada pelo subsistema

O primeiro nível da EAP será composto pelo nome do projeto, o segundo nível será orientado pelo subsistema (processos operacionais) e o terceiro nível pelo nome do equipamento ou

construção, conforme apresenta a Figura 4.

Figura 4 – Tipo de EAP pelo subsistema



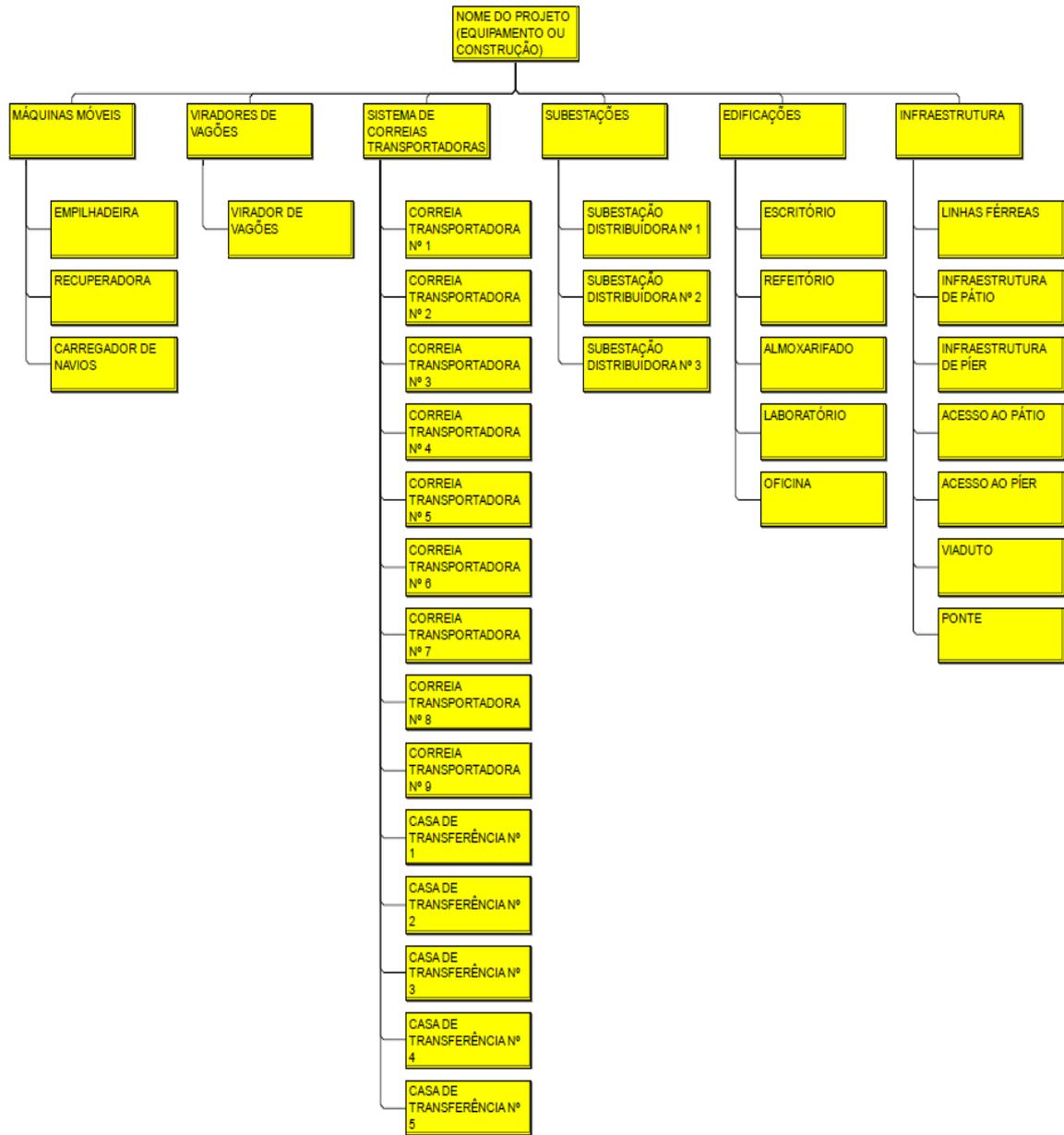
Fonte: Desenvolvido pela autora (2016)

O conteúdo de cada pacote refere-se aos equipamentos e construções necessários para o funcionamento de cada subsistema, ou seja, cada processo operacional necessita destes itens para cumprir seu papel.

4.3. EAP organizada pelo tipo de equipamento ou construção

O primeiro nível da EAP será composto pelo nome do projeto, o segundo nível será orientado pelo tipo de equipamento ou construção e o terceiro nível pelo nome do equipamento ou construção, conforme ilustra a Figura 5.

Figura 5 – Tipo de EAP pelo tipo de equipamento ou construção



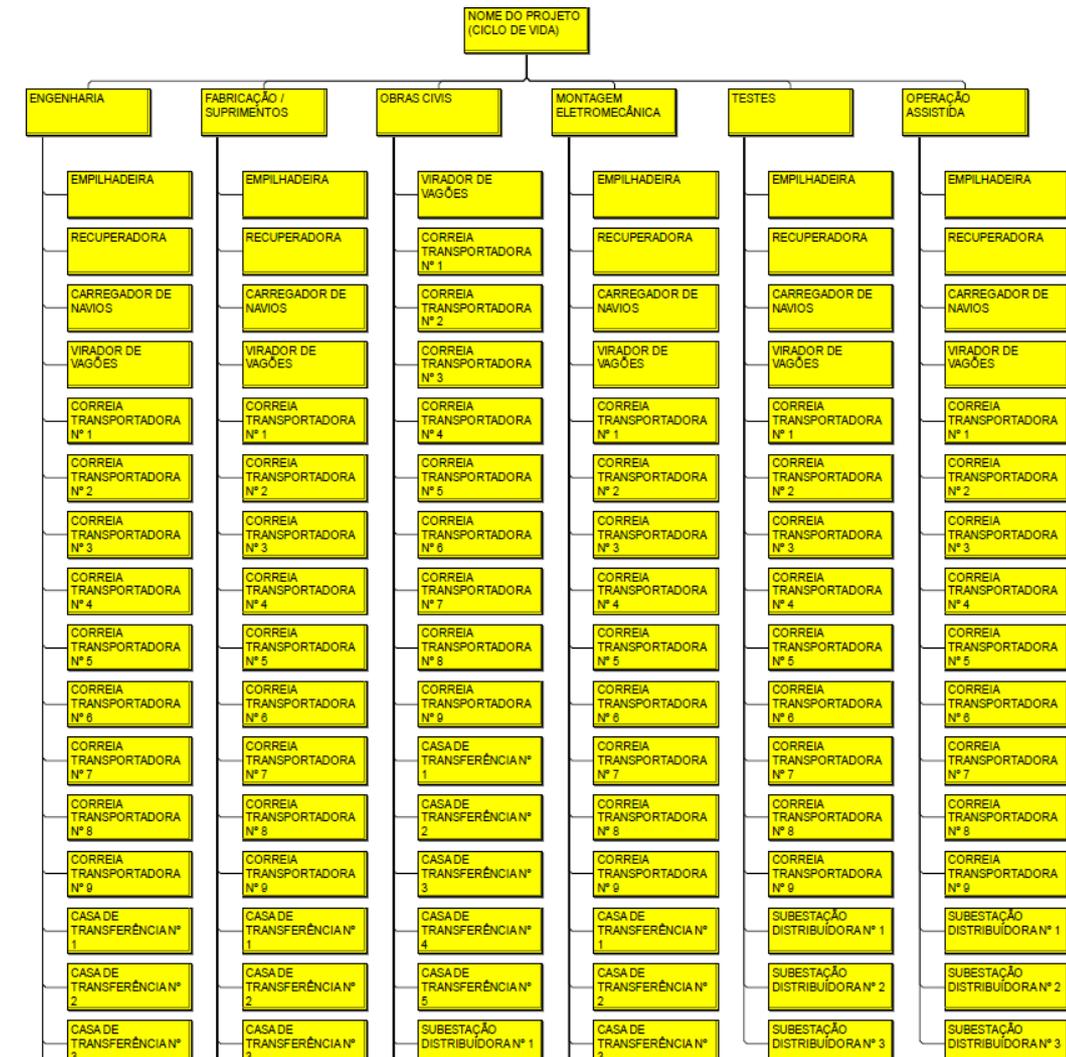
Fonte: Desenvolvido pela autora (2016)

O conteúdo de cada pacote foi agrupado pela classificação técnica do tipo de equipamento ou construção e observa-se que o pacote de Sistemas de Correias Transportadoras ficou com a quantidade de subitens consideravelmente superior que os demais grupos.

4.4. EAP organizada pelo ciclo de vida do projeto

O primeiro nível da EAP será composto pelo nome do projeto, o segundo nível será orientado pelas etapas do ciclo de vida do projeto e o terceiro nível pelo nome do equipamento ou construção, conforme apresentado na Figura 6.

Figura 6 – Tipo de EAP pelo ciclo de vida do projeto representada por gráfico organizacional





Fonte: Desenvolvido pela autora (2016)

A organização dos pacotes por ciclo de vida são os mesmos nas etapas de engenharia e fabricação. Na etapa de obras civis não são considerados os equipamentos empilhadeira, recuperadora e carregador de navios, pois estes equipamentos não possuem civil diretamente ligada a eles. Já a etapa de montagem eletromecânica contempla os equipamentos e estruturas que necessitam ser montados, porém as etapas de testes e operação assistida consideram apenas os equipamentos que precisam ser acionados para seu funcionamento.

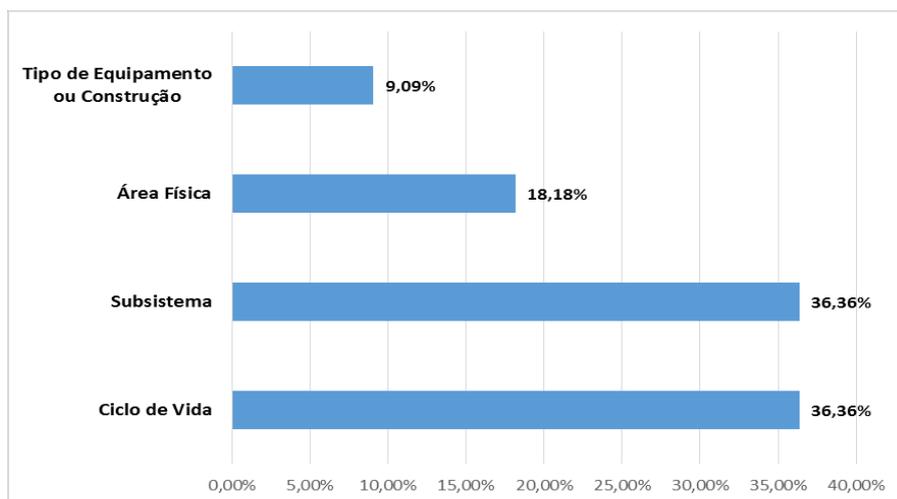
5. Proposta de guia para escolha da EAP

Com o objetivo de desenvolver um guia para auxiliar na definição do tipo de EAP para projetos em Portos destinados ao embarque de minério de ferro, foram realizadas entrevistas com onze gerentes de projetos com a utilização de um roteiro, que continha uma questão objetiva e quatro questões discursivas acerca da preferência por um tipo de EAP, sobre a opinião dos gerentes consultados a respeito dos demais tipos (vantagens e desvantagens) e também sobre as entradas adicionais para o processo de criar a EAP. O roteiro de perguntas é apresentado no Apêndice A.

5.1. Pesquisa sobre a preferência por tipo de EAP

A primeira pergunta efetuada aos gerentes de projetos participantes da pesquisa foi sobre a preferência de cada um deles sobre os tipos de EAP, dentre os desenvolvidos neste trabalho, para projetos em Portos destinados ao embarque de minério de ferro. A Figura 7 apresenta, em percentuais, as respostas obtidas.

Figura 7 – Opinião dos gerentes de projetos consultados sobre a EAP preferencial



Fonte: Desenvolvido pela autora (2016)

Observando a Figura 7 é possível identificar que os dois tipos preferenciais são as EAPs guiadas pelo subsistema e pelo ciclo de vida do projeto.

Alguns gerentes explicaram que, antes de escolher um determinado tipo de EAP, é importante pensar sobre o que se deseja controlar, pois a elaboração adequada ou inadequada da EAP poderá levar ao possível sucesso ou insucesso no monitoramento e controle durante a execução do projeto.

5.2. Propriedades de cada tipo de EAP

A segunda e terceira perguntas realizadas para os gerentes de projetos participantes da pesquisa foram relacionadas à aplicabilidade de cada tipo de EAP proposto e sobre as vantagens e desvantagens que cada tipo apresenta. Os entrevistados observaram que, ao descrever as vantagens e desvantagens, pode-se traçar a aplicabilidade.

5.2.1. EAP organizada pela área física

5.2.1.1. Vantagens

- Proporciona a visualização da localização das entregas do projeto, independente do conhecimento sobre o processo operacional;
- Melhora a visão integrada dos entregáveis por área e possíveis interferências físicas;
- Facilita a avaliação do desempenho das diversas disciplinas envolvidas numa determinada área física, facilitando a otimização de recursos e otimização da área de apoio necessária da etapa de execução;
- Setoriza a área de implantação do projeto, facilitando a visualização geral do escopo a ser monitorado.

5.2.1.2. Desvantagens

- Restringe a visão sistêmica e análise dos processos operacionais;
- Dificulta o monitoramento do andamento das fases do ciclo de vida do projeto;
- Reduz o foco das interfaces fora da área monitorada;
- Os tipos de equipamentos e construção, assim como o *know how* para a execução e acompanhamento do projeto precisam ser muito diversificados.

5.2.2. EAP organizada pelo subsistema

5.2.2.1. Vantagens

- Melhor visibilidade dos processos operacionais, identificação de restrições e melhor percepção dos múltiplos caminhos críticos;
- O projeto nasce e cresce com pensamento sistêmico da operação futura;
- Facilita o gerenciamento da entrega do projeto, pois permite que gerente de projeto opte pela entrega operacional em partes.

5.2.2.2. Desvantagens

- Menor visibilidade de sinergias nas etapas de suprimentos, fabricação e montagem;
- Ao colocar o foco nas entregas segmentadas, pode-se prejudicar a otimização na alocação de recursos;
- Dificulta o monitoramento do andamento das fases do ciclo de vida do projeto;
- Alguns equipamentos e construções são comuns a mais de um processo, o que acarreta a repetição dos mesmos nos grupos dos processos.

5.2.3. EAP organizada pelo tipo de equipamento ou construção

5.2.3.1. Vantagens

- Maior visibilidade de sinergias nas etapas de suprimentos, fabricação, obras civis e montagem;
- Setoriza a área de implantação do projeto, facilitando a visualização do tipo de escopo a ser monitorado;
- Viabiliza o controle individualizado dos equipamentos, pois no nível subsequente são tratadas todas as etapas do equipamento;
- Otimiza os recursos durante a construção e montagem;
- Enumera os equipamentos e as grandes construções.

5.2.3.2. Desvantagens

- Menor foco nos processos operacionais, acarretando riscos na integração das entregas;
- Torna-se necessário um grande planejamento e monitoramento das interfaces e interdependências entre os diversos equipamentos e/ou construções;
- Dificulta o controle pelo ciclo e vida do projeto e a compilação das informações por fase do ciclo de vida.

5.2.4. EAP organizada pelo ciclo de vida do projeto

5.2.4.1. Vantagens

- Maior visibilidade das diversas etapas do projeto, permitindo maior clareza na integração dos diversos setores envolvidos;
- Auxilia na avaliação do progresso de cada etapa do projeto;
- Tem a visualização mais flexível considerando a necessidade de revisões, acréscimos e/ou exclusões de escopo do projeto;
- Facilita a atribuição didática de pesos ponderados entre as etapas do ciclo de vida do projeto.

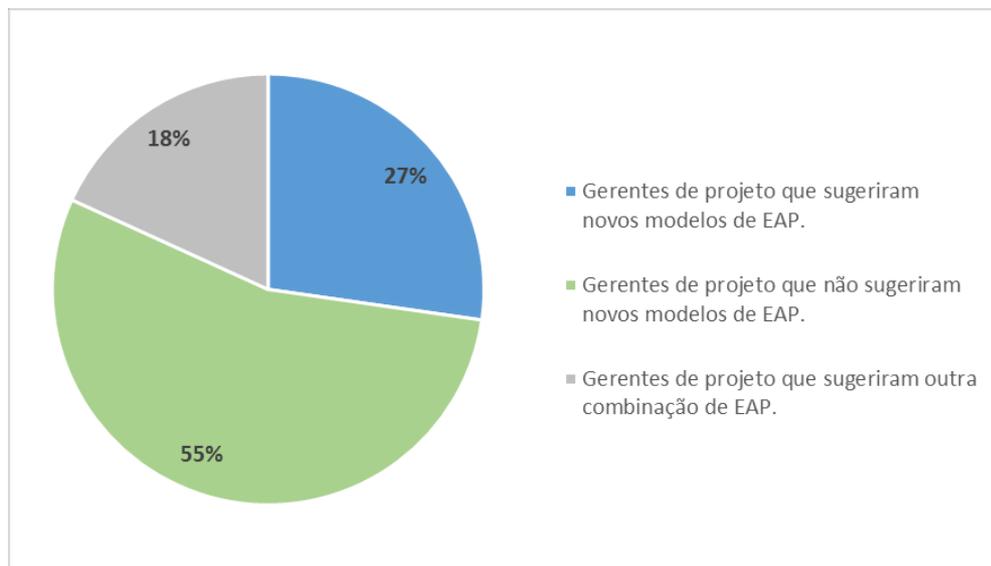
5.2.4.2. Desvantagens

- Dificulta a visualização de áreas físicas e dos equipamentos / construções;
- Dificulta a gestão para entregas parciais do projeto;
- Menor foco nos processos operacionais;
- Impede que o gerente de projeto fracione a complexidade do projeto inteiro.

5.3. Outros tipos de EAP propostos

A quarta pergunta realizada para os gerentes de projetos, participantes da pesquisa, questionou se existia outro tipo de EAP que seria importante, de acordo com a experiência profissional de cada um deles. O resultado das respostas é representado na Figura 8.

Figura 8 – Opinião dos gerentes de projetos consultados sobre a existência de outra forma de EAP



Fonte: Desenvolvido pela autora (2016)

O resultado da pesquisa do sobre a existência de outra forma para detalhar a EAP serviu para verificar se os tipos de EAP apresentados realmente estavam condizentes com a realidade dos projetos de acordo com a opinião e experiência dos gerentes consultados, podendo observar, com o resultado da pesquisa, que a maioria dos gerentes concordam com os tipos de EAP apresentados.

5.4. Entradas adicionais para o processo “criar a EAP”

Ao analisar o conceito atribuído para a “especificação do escopo do projeto” e para a “documentação dos requisitos”, que são consideradas entradas para o processo “criar a EAP”, observa-se que o conteúdo dos conceitos é macro, carecendo de detalhamento adicional por parte dos especialistas.

Dessa maneira, a quinta pergunta do roteiro questionava aos gerentes de projetos se existiriam documentos que poderiam ser utilizados como entrada do processo “criar a EAP”. Os itens respondidos para esta pergunta foram classificados como entregáveis dos estudos de engenharia básica do projeto, segundo a experiência dos profissionais consultados.

5.5. Análise dos resultados

O desenvolvimento dos modelos de EAP foi viabilizado pela união da teoria com a prática, onde foi possível validar a maioria dos modelos existentes na documentação e procedimentos das empresas. Tal validação agrega embasamento acadêmico para equipe do projeto elaborar a EAP. Adicionalmente, as entrevistas foram importantes para salientar a importância da participação do gerente de projetos na escolha da EAP, uma vez que foi observado variação nas opiniões dos gerentes consultados.

6. Conclusões

A EAP é um documento primordial para a organização e sucesso do projeto, pois serve como guia para vários processos do gerenciamento do projeto e direciona a forma com que o projeto será planejado e monitorado. Desta forma, se o processo de “criar a EAP” não for tratado de maneira adequada, o projeto pode sofrer com uma série de problemas no gerenciamento do escopo.

A sistematização desenvolvida neste trabalho tem a função de auxiliar a equipe de planejamento e o gerente de projetos na escolha do tipo de EAP, através da demonstração dos tipos mais comuns de EAP, com o segundo nível guiado pela área física, pelo subsistema, pelo tipo de equipamento ou construção e pelo ciclo de vida do projeto. Tendo em vista que para cada modelo foram descritas a aplicabilidade, vantagens e desvantagens permite-se, portanto, direcionar o planejamento e controle adequado para o projeto por meio da EAP mais apropriada para cada caso.

Objetivando dar prosseguimento ao presente trabalho, é possível destacar algumas sugestões para trabalhos futuros, tais como: a flexibilização da EAP por meio da aplicação de códigos ao último nível da EAP; o planejamento e desenvolvimento da engenharia básica, como principal entrada para criação da EAP e aplicação da sistematização desenvolvida neste trabalho em outras delimitações de estudo, tais como: extração de minério e siderurgia.

REFERÊNCIAS

CASTRO NETO, LAHERCE RIBEIRO. Modelagem e simulação da cadeia produtiva do

minério de Ferro. 2006. 191 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Sistemas Logísticos). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

CHEN, CHUNG-YANG; CHEN, PEI-CHI; LU, YEH-ER. The coordination processes and dynamics within the inter-organizational context of contract-based outsourced engineering projects. *Journal of Engineering and Technology Management*, v. 30, p. 113-135, jan. 2013.

COLENSO, KIM. Creating the work breakdown structure. *Artemis Management Systems*, 2000.

GLOBERSON, SHLOMO. Impact of various work-breakdown structures on project conceptualization. *International Journal of Project Management*, v. 12, n. 3, p. 165-171, 1994.

IBRAHIM, Y. et al. Semi-automatic development of the work breakdown structure for construction projects. In: *SCRI Symposium*. 2007.

ICB – IPMA Competence Baseline. USA: International Project Management Association, 2012.

LASASSO, MARCELLO et al. Project management techniques used in the European Vacuum Vessel sectors procurement for ITER. *Fusion Engineering and Design*, v. 87, 2012.

PEREIRA, TABATA FERNANDES; MIRANDA, RAFAEL DE CARVALHO; SANTOS, GABRIELE LACERDA. Aplicação da EAP nas etapas de um projeto de simulação a eventos discretos em uma fábrica de laticínios. In: *XXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Anais...* Fortaleza-CE, 2015.

PIAGGE, RICARDO MAGNANI DELLE; MARCOLA, JOSADAK ASTORINO. Aplicação de um sistema híbrido de gerenciamento de projetos, tradicional e ágil, em uma empresa de construção civil e montagem industrial de grande porte. In: *XXXIV Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Anais...* Curitiba-PB, 2014.

PMI Project Management Institute. A guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® guide). 5. ed. Pennsylvania: PMI, 2013.

PORTO SUDESTE. Terminal Porto Sudeste. Disponível em:
<<http://www.portosudeste.com/pt/>> Acesso em: 30.jan. 2016.

SIAMI-IRDEMOOSA, ELNAZ; DINDARLOO, SAEID R.; SHARIFZADEH, MOSTAFA. Work breakdown structure (WBS) development for underground construction. Automation in Construction, v. 58, p. 85-94, out. 2015.

TERRIBILI FILHO, ARMANDO. Os cinco problemas mais frequentes nos projetos das organizações do Brasil: Uma análise crítica. Revista de Gestão Projetos - GeP, São Paulo, 2013. Disponível em: <<http://search.proquest.com/openview/8eac58ec13c59e3c32faf198acb528d2/1?pq-origsite=gscholar>> Acesso em: 29 fev. 2016.

VALE. Logística. Disponível em: <<http://www.vale.com/brasil/PT/business/logistics/Paginas/default.aspx>> Acesso em: 30.jan. 2016.

APÊNDICE A

1) Qual tipo de EAP para projetos em Portos destinados ao embarque de minério é de sua preferência?

- a. Pela área física (localização),
- b. Pelo subsistema (processo operacional),
- c. Pelo tipo de equipamento ou construção,
- d. Pelo ciclo de vida do projeto.

2) Cite casos ou situações que cada tipo de EAP poderia ser utilizada?

3) Quais vantagens e desvantagens que cada tipo de EAP apresenta?

4) De acordo com a sua experiência profissional, qual outra forma de detalhar a EAP que seria interessante?

5) Quais documentos poderiam ser utilizados como entrada do processo de criar a EAP?

Organizador

Vinicius de Carvalho Paes

Atualmente é doutorando em Engenharia de Produção pela UNIFEI e pesquisador do Núcleo de Otimização da Manufatura e de Tecnologia da Inovação. Bacharel em Ciência da Computação (2008) e Mestre em Ciência e Tecnologia da Computação (2012) pela Universidade Federal de Itajubá. Possui experiência prática e profissional em gerência de projetos, gerenciamento de servidores, segurança da informação, banco de dados, web analytics, otimização para sistemas de busca, web crawler, indexação, retorno do investimento, data mining e inteligência artificial.

Autores

Abdias Kelly De Paiva Neto

Graduando em Engenharia de Produção Mecânica pela Universidade Federal do Ceará (UFC), Técnico em Mecânica Industrial pelo Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE) e Bolsista do Programa Ciência sem Fronteiras na graduação sanduíche no curso de Design and Manufacturing Technology na University of Limerick - Irlanda. Atuação na indústria nas áreas de Controle de Produção, Gestão de Custos e Engenharia do Produto.

Ailton Celio Alves de Araújo Junior

Graduando em Engenharia de Produção pela Universidade CEUMA, Integrante do Projeto Movimento Sustentável focado na reutilização de água condensada dos aparelhos de ar condicionado.

Alcides Gomes Moreira Neto

Graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Pará (2017). Pós-Graduando em Engenharia de Segurança no Trabalho pela Faculdade Faci-Wyden. Participou do Programa Ciência sem Fronteiras, com apoio da CAPES/CNPQ, cursando engenharia com ênfase em edificações, avanços de tecnologia da construção e meio ambiente na Universidad de Cantabria - Santander/Espanha (2015-2016).

Alessandra Rachid

Possui graduação em Engenharia de Produção pela Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo (1987), mestrado em Política Científica e Tecnológica pela Universidade Estadual de Campinas (1994) e doutorado em Engenharia Mecânica pela Universidade Estadual de Campinas (2000). É professora associada da UFSCar. Atua na área Engenharia de Produção, com pesquisas nas áreas de Organização do trabalho, Teoria das organizações, Flexibilidade do trabalho e Gestão da produção e do trabalho.

Alexandre Jorge Gaia Cardoso

Graduação em Administração pela Universidade da Amazônia (1998). Mestre em Administração pela Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (2001). Doutor em Ciências Agrárias pela Universidade Federal Rural da Amazônia (2013). Sua principal linha de pesquisa é voltada para a área de gestão, responsabilidade social e teorias organizacionais. Atualmente é professor assistente da Universidade do Estado do Pará.

Alicia Silva Carvalho

Graduanda em Engenharia de Produção pela Universidade CEUMA, Integrante do Projeto Movimento Sustentável focado na reutilização de água condensada dos aparelhos de ar condicionado.

Alline Franciely Silva

Graduação em Engenharia de Produção pela Universidade do Estado de Minas Gerais – UEMG (2018). Pós-graduanda em Gestão Ambiental pela Faculdade Única (Instituto Pró Minas). Principais linhas de pesquisa em educação em engenharia produção e em gestão ambiental e aprendizagem lúdica.

Allyson de Jesus Ribeiro Leite

Bacharel em Administração, pela Universidade Federal Rural da Amazônia.

Ana Lucia Berreta Hurtado

Possui graduação em Engenharia Agrônoma-UNESP/Faculdade de Ciências Agrônomicas de Botucatu (1993), Mestrado em Geociências (Recursos Minerais e Hidrogeologia) - USP/Instituto de Geociências (1999) e Doutorado em Engenharia Agrônoma (Irrigação e Drenagem) - USP/Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (2004). Pesquisa os seguintes temas: Análise do Ciclo de Vida do Produto, Produção Mais Limpa, Gestão Estratégica da Sustentabilidade, Gestão de Resíduos Sólidos, Variáveis Ambientais no Trabalho.

Anderson Paulo de Paiva

Professor Associado III da Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI/IEPG). Possui graduação em Engenharia Mecânica, mestrado em Engenharia de Produção e doutorado em Engenharia Mecânica (Unifei). Atua na área de Projeto e Análise de Experimentos, Estatística Multivariada e Métodos de Otimização. Linha de Pesquisa principal: Otimização de Processos de Manufatura.

Antônio Lopes Nogueira Da Silva

Graduação em Engenharia de Produção pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro (2006). Especialização em Engenharia de Produção pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro (2009). Mestre em Engenharia Mecânica pela Universidade Estadual Paulista (2015). Tem experiência profissional no ramo automotivo há mais de 15 anos. Professor universitário no Centro Universitário Salesiano de São Paulo (UNISAL - Lorena).

Arthur Zago de Mello

Graduado em Administração pela Universidade Luterana do Brasil e acadêmico de Engenharia de Produção na Universidade Federal de Santa Maria. Possui curso de capacitação na área de Gestão da Produção.

Bruna Luísa Streda

Acadêmica do nono semestre do Curso de Bacharelado em Engenharia de Produção da Faculdade Três de Maio (2019).

Caio Santos

Graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Pará (2017). Mestrando no Programa de Pós-Graduação em Infraestrutura e Desenvolvimento Energético. Participou do programa Ciência sem Fronteiras, com apoio da CAPES/CNPQ, onde cursou engenharia com ênfase em edificações de baixo consumo energético na Ecole des Mines d'Albi/França (2015-2016).

Christiane Lima Barbosa

Graduação em Engenharia Civil-UFGA (2007), graduação em Educação Física -UEPA (2006), Pós-Graduada em Fisiologia do Exercício pela Faculdade Brasil-Amazônia (2009), mestrado em Engenharia Civil-UFGA (2009), Pós-Graduada em Gestão da Cadeia de Suprimentos e Logística-UNICAMP (2012), e doutorado em Engenharia Civil na área de Transportes-UNICAMP (2015). Atualmente é docente na UFGA. Atua nos temas: construção civil, produção enxuta, fluxo contínuo, transportes e logística.

Creusa Sayuri Tahara Amaral

Pós-doutorado pela EESC-USP, na área de Desenvolvimento de Produto. Doutorado em Engenharia Mecânica pela USP (2001). Mestrado em Engenharia de Produção pela UFSCar (1995). Bacharelado em estatística pela UFSCar (1992). Docente do PPG Biotecnologia e do Mestrado Profissional em Engenharia de Produção da UNIARA. Coordenadora do Núcleo de Inovação e Desenvolvimento de Produtos Biotecnológicos – NIDPBio.

Cristian Bicigo

Acadêmico de engenharia mecânica na Universidade de Passo Fundo. Tem experiência com projeto mecânico assistido por computador e participante do projeto fábrica escola.

Cristiano Manhaães de Oliveira

Graduação em Ciência da Computação pela Universidade Candido Mendes - UCAM (2005) e Engenharia de Produção pela Centro Universitário do Leste de Minas Gerais- UNILESTEMG (2014). Mestrando em Engenharia de Produção pela Universidade Estadual Norte Fluminense Darcy Ribeiro - UENF. Sua principal linha de pesquisa é voltada para a área de pesquisa operacional. Experiência na área de Ciência da Computação, com ênfase em Sistemas de Informação e na área de Engenharia de Produção na área de Gestão de Projetos.

Dagoberto Alves De Almeida

Doutor pelo School Of Industrial And Manufacturing Science, University of Cranfield, UK em 1992. Atualmente é professor titular da Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI) e coordenador do Grupo de

Ensino, Pesquisa e Extensão em Gestão da Produção. Tem experiência na área de Engenharia de Produção, na área de Gerência da Produção, atuando principalmente em temas associados à gestão da produção (Produção Enxuta, Sistemas MRP e Teoria das Restrições) além de Gestão do Conhecimento.

Daniel Rocha Pereira

Mestre em Energia e Ambiente (UFMA), Engenheiro Ambiental (Universidade CEUMA), Engenheiro de Segurança do Trabalho (UNESA), Especialista em Formas Alternativas de Energia (UFLA), Especialista em Análises de Riscos Ambientais (UFMA) e Especialista em Planejamento e Manejo Integrado dos Recursos Hídricos (UFPA). Atualmente é docente da Universidade CEUMA.

Danielle Alves Costa da Silva

Graduação em Engenharia de Produção pela Universidade CEUMA, Integrante do Projeto Movimento Sustentável focado na reutilização de água condensada dos aparelhos de ar condicionado.

Danielle Rabelo Costa

Especialista em Educação Global, Inteligências Humanas e Construção da Cidadania-FAESNE (2016). Especialista em Docência do Ensino Superior-UNICATÓLICA (2016). Especialista em Engenharia Ambiental e Saneamento Básico pela Faculdade Estácio do Ceará (2012). Licenciada em Química-UFC (2003). Mestranda em Biotecnologia-UECE. É membro do Núcleo de Pesquisa e Extensão em Gestão Ambiental da UNICATÓLICA. Atualmente é docente da UNICATÓLICA, onde também atua como Coordenadora de Tutores.

Darlene Queiroz Rabelo

Possui ensino-medio-segundo-graupela EEFM Egidia Cavalcante Chagas (2012). Graduanda em Engenharia de Produção.

Diana Pessoa da Silva

Graduando em Engenharia de Produção pela Universidade Anhembí Morumbi. Leader Coach Training - IBC. Atualmente trabalho como Gerente Comercial

Diego Scalioni

Engenheiro de Produção formado pela Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP). Atualmente pós graduando em Lean Manufacturing pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC Minas). Tem interesse em temas voltados para aplicação de métodos de avaliação de eficiência, em especial: DEA (Análise Envoltória de Dados) e SFA (Análise de Fronteira Estocástica).

Dinaldo do Nascimento Araujo

Graduação em Ciência Contábeis pela Universidade da Amazônia (1994). Mestre em Controladoria e Contabilidade pela Universidade de São Paulo (2004). Doutor em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de São Carlos (2016). Sua principal linha de pesquisa é voltada para a área de finanças, cadeias produtivas e tecnologia de informação. Atualmente é professor assistente da Universidade do Estado do Pará e UNAMA.

Diogo Katagiri

Engenheiro mecânico formado pela Universidade de Passo Fundo. Empresário no ramo de extintores e responsável pela pesquisa do "Estudo da utilização do sistema toyota de produção na redução do tempo de decapagem de extintores de incêndio".

Duan Vilela Ferreira

Especialista em Gestão Empresarial pela Fundação Getúlio Vargas e em Engenharia de Poços de Petróleo e Gás pela Universidade Tiradentes. Graduado em Engenharia de Produção pela Faculdade de Administração e Negócios de Sergipe, possui experiência nas áreas de gestão integrada, produção, projetos de investimento e suprimentos em negócios de mineração.

Eder Costa Cassettari

Doutorando Em Engenharia de Fabricação – UNICAMP, Mestre em Engenharia de Fabricação – UNICAMP, Engenheiro Mecânico Automobilístico – FEI, Lean Manufacturing / Office Expert – Ford Lean Learning Academy for Executives / Lean Institute Brasil, Six Sigma Consumer Drive Master Black Belt / Deployment Champion / Six Sigma Academy / QPB.

Edson Terra Azevedo Filho

Graduação em Administração pela UFF (1990). Mestre em Engenharia de Produção pela UENF (2010). Doutor em Sociologia Política pela UENF (2015). Possui como áreas de interesse: empreendedorismo, gestão e prospectiva estratégica, desenvolvimento regional e inovação tecnológica. Atualmente é professor associado na UENF do Laboratório de Engenharia de Produção – LEPROD.

Eliane da Silva Christo

Graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Juiz de Fora (1997). Especialização em Métodos Estatísticos Computacionais pela Universidade Federal de Juiz de Fora (1999). Mestrado em Engenharia Elétrica pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (2001). Doutorado em Engenharia Elétrica pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (2005). Tem experiência na área de Métodos de Apoio à Decisão. Atualmente é professora e coordenadora de Mestrado pela UFF.

Eliciane Maria Silva

Graduação em Administração de Empresas pela Fundação Educacional Faculdades Integradas de Votuporanga (1996). Mestre em Engenharia de Produção pela UNESP (2003). Doutora em Engenharia de Produção pela UNESP (2008). Pós-doutorado pela Universidade de Bath-UK (2014). Pesquisadora na área de estratégia de operações, seleção, desenvolvimento e avaliação de fornecedores; e desempenho. Atualmente é professora do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção (PPGEP) da UNIMEP.

Elisandro João de Vargas

Graduado em Administração de Empresas pela Universidade de Caxias do Sul (2008). Especialista em Gestão Empresarial pela FGV (2011) e em Engenharia de Produção e Sistemas pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos - Unisinos (2014). Mestre em Engenharia da Produção e Sistemas pela Unisinos (2016). Pesquisador na área de Sistemas de Manufatura, Modelagem de Sistemas, Empreendedorismo e Estratégia. Atualmente é professor do Eixo de Gestão e Negócios no Instituto Federal Farroupilha Campus Santo Augusto – RS.

Ethel Cristina Chiari da Silva

Graduada em Engenharia de Produção Materiais-UFSCar(1990); Mestre em Engenharia (área de concentração: Engenharia Mecânica) -EESC/USP(1994) e Doutora em Engenharia (área de concentração: Engenharia Mecânica) pela mesma instituição(1999). Coordenadora do Curso de Graduação em Engenharia de Produção da Universidade de Araraquara (UNIARA) e, na mesma instituição, está vinculada ao Programa de Mestrado Profissional em Engenharia de Produção.

Euler Santos Arruda Junior

Mestrando em Tecnologias Construtivas - PPGAU/UFPA. Engenheiro Civil pela Universidade Federal do Pará (UFPA). Participou do Programa Ciência sem Fronteiras, com apoio da CAPES/CNPQ, cursando engenharia com ênfase em edificações, avanços de tecnologia da construção e meio ambiente na Universidad de Cantabria - Santander/Espanha (2015-2016). Principal linha de pesquisa voltada ao desenvolvimento de materiais cimentícios e tecnologia de transporte urbano.

Fabiana da Silva Gomes Fialho

Técnica de Segurança do Trabalho pela Instituição Patrocínio de São José - SP (2013). Certificado em Lean Six Sigma Green Belt (2017). Atualmente, aluna do 9º semestre de Engenharia de Produção pelo Centro Universitário Salesiano de São Paulo (UNISAL – Lorena).

Fábio de Farias Cavalcante

Possui graduação em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal da Paraíba (1996) e Mestrado em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal da Paraíba (2000). Atualmente é Professor Assistente D da Universidade Regional do Cariri (URCA). Tem experiência na área de Engenharia Mecânica, com ênfase em Elementos de Máquinas, atuando principalmente nos seguintes temas: Simulação, Métodos Numéricos, Elementos Finitos, Mecânica dos Sólidos.

Fernanda Gomes Dias

Graduação em Engenharia de Produção pela Universidade CEUMA, Integrante do Projeto Movimento Sustentável focado na reutilização de água condensada dos aparelhos de ar condicionado.

Gabriela Da Costa Ribeiro

Graduação em Engenharia de Produção pelo Centro Universitário Salesiano de São Paulo (UNISAL – Lorena) (2017), tendo elaborado seu TCC na área de Engenharia Econômica voltada para reaproveitamento de recursos naturais na redução de custos.

Geraldo Almiro De Araujo Neto

Mestrando em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, Bacharel em Engenharia de Produção Mecânica pela Universidade Federal do Ceará - UFC (2017). Técnico em Eletrotécnica pelo Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Ceará – IFCE (2010). Tem conhecimentos nas áreas de Gestão e Engenharia de Produção, com maior ênfase em Gestão de Negócios, Gestão de Custos, Avaliação de Desempenho e Planejamento Estratégico.

Gilson José da Silva

Mestrando em Engenharia de Produção pela UNIARA (2017 a 2019). Especialista em Engenharia de Produção pela Universidade São Judas Tadeu (2006). Graduação em Engenharia Elétrica pelo Centro Universitário de Rio Preto (2003). A principal linha de pesquisa é voltada a área de Sistemas de Gestão Integrado. Docente e Coordenador da Faculdade de Tecnologia (FATEC) Catanduva-SP.

Giselma Araújo de Faria

Graduando em Engenharia de Produção-Universidade Anhembi Morumbi, Bombeira civil- ABCESP, Técnico em saúde e Segurança do Trabalho- Senac

Giuliane Alves Berchele

Técnica em Logística (2015). Atualmente cursando bacharel em Engenharia de Produção.

Glauco Demóclito Tavares de Barros

Possui graduação em Engenharia Mecânica pela UFPB (1992), mestrado em Engenharia Mecânica pela UFPB (1997) e doutorado em Engenharia Mecânica pela UFPB (2005). Atualmente é professor Adjunto do centro federal de educação tecnológica do ceará IFCE Juazeiro do Norte e professor associado da Universidade Regional do Cariri. Tem experiência na área de Engenharia Mecânica, com ênfase em Termodinâmica e Termofluidos, atua principalmente nos temas: energia solar, exergia, destilação solar, energias alternativas.

Guilherme Regner Nava

Técnico em Mecânica de Usinagem, atualmente acadêmico de Engenharia Mecânica na Universidade de Passo Fundo, atuando no projeto de extensão de ensino denominado Fábrica Escola, no qual desenvolve produção de material didático e pesquisas na área de Engenharia Mecânica.

Gustavo Pereira Olímpio

Graduado em Engenharia de Produção, em fevereiro de 2019, pelo Centro de Ensino Superior em Gestão, Tecnologia e Educação - FAI localizado em Santa Rita do Sapucaí/MG. Possui experiência em Gestão de Estoques, PCP e Telecomunicações.

Helton Gomes

Engenheiro de Produção pela Universidade Federal de Ouro Preto - UFOP (2005), mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG (2008) e doutor em Engenharia Civil pela UFOP (2013). Atualmente é Professor da UFOP. Tem experiência na área de Engenharia de Produção, com ênfase em Programação Linear, Programação Inteira e Inteira Mista, Otimização Combinatória, Inteligência Computacional, Otimização Multiobjetivo e Planejamento e Programação da Produção.

Ivete Linn Ruppenthal

Mestre em Gestão Estratégica de Organizações pela Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI (2019). Pós-Graduada em Gestão Financeira e Controladoria (2007) e Graduada em Administração (2006) pela Sociedade Educacional Três de Maio – SETREM. Atualmente é professora na Sociedade Educacional Três de Maio – SETREM e na Faculdade Horizontina, nos cursos de Engenharia de Produção, Administração e Ciências Econômicas. Linha de pesquisa na área da Pesquisa Operacional.

Izabella Lopes de Oliveira Silva

Graduanda em Engenharia de Produção - Universidade Anhembí Morumbi.

Jaílson Charles Santos

Possui graduação em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal da Paraíba (1998), mestrado em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal da Paraíba (2000) e doutorado em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal da Paraíba (2005). Atualmente é professor associado N da Universidade Regional do Cariri (Crato-CE). Atua profissionalmente na área de Engenharia Mecânica, com ênfase em Transferência de Calor e Mecânica dos Fluidos Computacional.

João Éderson Corrêa

Possui Doutorado e Mestrado em Engenharia de Produção - UNIFEI, pós-graduado em: Administração Hospitalar pela rede São Camilo de Faculdades (2014), Administração Pública - SENAC - Minas (2010), MBA em Gestão de Negócios Empresariais (2007) e Graduação em Administração de Empresas pela FACESM (2005). Atua como professor nos cursos de graduação em Engenharia de Produção, Civil e Administração de Empresas e Pós-Graduação, atua nas áreas: Qualidade, certificação ISO-9000 e acreditação hospitalar.

Jocimara de Lima Mauer

Graduada em Administração de Empresas pela Faculdade da Serra Gaúcha (2011). Especialista em Gestão Estratégica de Vendas e Marketing de Relacionamento (2013). Mestre em Administração de Empresas pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos (2017). Atua nas linhas de pesquisa na área de Comportamento do Consumidor, Inovação do Usuário e Tecnologias Educacionais. Atualmente é CEO da Startup Gomining.

Jonyca Mikaella de Freitas Cavalcante

Possui ensino-medio-segundo-graupelo Colégio Estadual Maria Emília Rabelo (2012). Atualmente é Estagiária do Banco do Brasil S/A (CE). Graduanda de Engenharia de Produção.

José Da Silva Ferreira Junior

Graduação em Engenharia de Produção pela Universidade de Franca (2010). Pós-graduação em Gestão em engenharia e logística industrial pela Universidade de Franca (2012). MBA em Engenharia e Inovação pelo Centro Universitário UNISEB (2016). Mestre em Engenharia de Produção pela UNIFEI (2013). Principais linhas de pesquisa em educação em engenharia de produção e em gestão de processos produtivos industriais. Atualmente professor na UEMG unidade Passos.

José Gláucio Vieira Gonçalves

Profissional proativo, sempre buscando o aperfeiçoamento profissional e a melhoria dos processos, métodos e práticas do trabalho. Perfil de fácil relacionamento com pessoas, tanto superiores quanto subordinados e de fácil adaptação a novos ambientes. Formando em engenharia de produção mecânica pela Universidade Regional do Cariri - URCA.

Juliana Fernanda Monteiro de Souza

Mestranda em Administração de Empresas pela Universidade Autônoma de Assunção (2018). Pós-Graduação em Gestão Financeira, Auditoria e Controladoria pela Fundação Getúlio Vargas (2013). Possui graduação em Ciências Contábeis pela Universidade Federal do Pará (2010). Atualmente é Professora Assistente da Universidade Federal Rural da Amazônia - Campus Parauapebas/PA, no Curso de Bacharelado em Administração e Engenharia de Produção.

Juliana Helena Daroz Gaudêncio

É doutoranda em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI). É graduada em Engenharia de Controle e Automação e mestre em Engenharia de Produção pela mesma universidade. Atualmente, ministra aulas das disciplinas de estatística, pesquisa operacional e engenharia da qualidade na FAI - Centro de Ensino Superior em Gestão, Tecnologia e Educação. Possui experiência nas linhas de pesquisa de otimização, projeto robusto de parâmetros, qualidade e novas técnicas de educação em engenharia.

Juliana Ng

Graduanda do curso de Engenharia de Produção da Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG) unidade Passos. Principais linhas de pesquisas em educação em engenharia de produção. atualmente vice-presidente do Centro Acadêmico do curso de Engenharia de Produção da UEMG e gerente comercial da EP Consultoria Júnior.

Lais Gomes Barbosa da Silva

Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Pernambuco - UFPE - PPGPEP/CAA. Bacharel em engenharia de produção pela Universidade Tiradentes. Tem experiência na área de Planejamento e controle da produção, como projeção e controle orçamentário, gestão de saúde e segurança, monitoramento de indicadores de desempenho, gestão de contratos, entre outras. Coordenadora de desenvolvimento do Núcleo Sergipano de Estudantes de Engenharia de produção nos anos 2015 e 2016.

Laís Sant'Anna Fonseca

Graduanda em Engenharia de Produção pela Universidade Estadual Norte Fluminense Darcy Ribeiro - UENF. Iniciação científica na linha de Prospectiva Estratégica e o Método dos Cenários de Michel Godet. Associada e Diretora da Engloba Consultoria e Soluções – Empresa Junior das Engenharias de Produção, Civil e Materias. Estagiária de férias na GE Aviation no Lean Challenge com projeto de rastreabilidade de peças. Estagiária na GE Aviation na área de Planejamento e Controle de Produções em motores GENx.

Lásara Rodrigues

Graduação pela Universidade Federal de Ouro Preto (2004), mestre pela Universidade Federal de Minas Gerais (2006) e doutora pela Universidade Federal de São Carlos (2014), ambos em Engenharia de Produção. Atualmente é professora da Universidade Federal de Ouro Preto. Suas principais linhas de pesquisa são voltadas para as áreas de Teoria de Filas, Simulação e Análise Envolvória de Dados.

Leandro Dóro Tagliari

Mestre engenheiro mecânico formado pela Universidade de Passo Fundo. Atualmente é professor da Universidade de Passo, tem ampla experiência nas áreas de projeto, segurança e manutenção. É coordenador do projeto de extensão denominado Fábrica escola.

Leonardo Castilhos de Oliveira

Acadêmico de engenharia mecânica na Universidade de Passo Fundo. Possui ampla experiência com projeto mecânico assistido por computador e também atua no projeto de extensão de ensino denominado Fábrica Escola, no qual desenvolve produção de material didático e pesquisas na área de Engenharia Mecânica.

Leonardo Petrilli

Graduado em Administração (PUC-Campinas, 2011), Especialista em Gestão de Organizações e Recursos Humanos (UFSCar, 2013), Mestre em Engenharia de Produção - Linha de Pesquisa: Instituições, Organizações

e Trabalho - IOT (UFSCar, 2016). Professor Efetivo do curso de Administração da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA). Concentração de pesquisa na área de Sustentabilidade e Responsabilidade Social.

Luiz Henrique Ramos da Silva Filho

Mestre em Engenharia de Processos pela Universidade Tiradentes. Possui graduação em Engenharia de Petróleo (Universidade Tiradentes) e graduação em Engenharia Química (Universidade Federal de Sergipe). Realizou Curso Profissionalizante de Operador de sonda de perfuração de poços - Programa de Mobilização da Indústria Nacional de Petróleo e Gás Natural (PROMINP); Foi Monitor da disciplina Engenharia de Reservatório pela Universidade Tiradentes.

Luiz Soares Junior

Doutor em Engenharia Mecânica - UFPB (2010), Mestre em Metrologia Científica e Industrial - UFSC (2000) e Bacharel em Engenharia Mecânica - UFC (1996). Atualmente é professor adjunto IV do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal do Ceará - UFC e coordenador do Laboratório Metrologia Mecânica da UFC. Tem experiência na área de engenharia mecânica, com ênfase em metrologia mecânica, fabricação e gestão da qualidade laboratorial e industrial.

Marcelo de Alves de Souza

Graduado em Administração de Empresas pela Universidade Feevale (2008). Especialização em Gestão da Produção e Logística pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos - Unisinos (2013). Mestre em Engenharia da Produção e Sistemas pela Unisinos (2016). Atua nas linhas de pesquisa em Administração da Produção e Operações e Serviços no Ramo Automotivo. Atualmente é professor do Eixo de Gestão e Negócios nas faculdades e Escolas Técnicas QI - RS.

Marcelo de Souza Correia

Graduação em Secretariado Executivo Trilingue pela Universidade do Estado do Pará (2008). Mestre em Administração pela Universidade Federal de Santa Catarina (2012). Sua principal linha de pesquisa é voltada para a gestão secretarial, desenvolvimento profissional e administração da produção. Atualmente é professor assistente da Universidade do Estado do Pará.

Marina Ribeiro Barros Dias

Graduação em Licenciatura em Matemática pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (2003). Mestrado em Matemática Aplicada pela Universidade Estadual de Campinas (2006). Doutorado em Engenharia Metalúrgica (PPGEM) pela Universidade Federal Fluminense. Sua principal linha de pesquisa é voltada para a análise de superfícies através de imagens de padrões de speckle. Atualmente é professora da Universidade Federal Fluminense, onde atua desde 2010.

Mario Fernando de Mello

Professor de Graduação e de Pós-Graduação dos cursos de Engenharia de Produção, Engenharia Civil, Engenharia Química, Administração e Arquitetura. Professor do Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas da UFSM. Graduado em Engenharia Mecânica, Ciências Contábeis, Mestrado em Engenharia de Produção e Doutorando em Engenharia Agrícola.

Mário Sacomano Neto

Doutor em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). Bacharel em Administração de Empresas pela Pontifícia Universidade Católica (PUC) e mestre em Engenharia de Produção pela Universidade de São Paulo (USP). Pós-doutorado em Sociologia Econômica pela Universidade da Califórnia (Berkeley). Atualmente é professor de Organizações do Programa de Pós-Graduação em Gestão de Organizações e Sistemas Públicos e do Departamento de Engenharia de Produção da UFSCar.

Maxweel Veras Rodrigues

Doutor em Engenharia de Produção-UFSC e Mestre em Administração Financeira-UFPB. Professor e atual Coordenador (gestão 2015 - 2017 e 2017 - 2019) do Mestrado Profissional em Políticas Públicas e Gestão da Educação Superior - POLEDUC da UFC. Tem experiência nas áreas de Engenharia de Produção e Gestão de

Empresas, com ênfase em Gestão de Custos, Finanças Empresariais, Avaliação de Desempenho, Planejamento Estratégico e Organização de Empresas.

Mayra Oliveira Ramos

Graduação em Engenharia de Produção pela Universidade Estadual do Pará (2015). Mestre em Ciências Ambientais pela Universidade Estadual do Pará (2017). Doutoranda em Engenharia de Produção pela Universidade Metodista de Piracicaba (2022). Sua principal linha de pesquisa é Gestão da Cadeia de Suprimentos Sustentável; Riscos, e; Seleção e Avaliação de Fornecedores. Atualmente é aluno-bolsista CAPES-PROSUC do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da UNIMEP.

Mehran Misaghi

Bacharel em Informática - UNISINOS (1995), mestre em Ciências da Computação – UFSC (2001) e doutor em Engenharia Elétrica -USP (2008). Atualmente é professor de graduação, pós-graduação e mestrado no Centro Universitário UNISOCIESC. Pesquisador associado do Instituto de Pesquisa em Tecnologia e Inovação (IPTI-SP). Atua nas áreas de segurança da informação, especialmente em gestão e auditoria de sistemas, sistemas criptográficos baseado em identidade e sistemas de reputação em redes sociais.

Osman José de Aguiar Gerude Neto

Graduação em ZOOTECNIA pela Universidade Estadual do Maranhão (2012) e Mestrado em Ciência Animal pela Universidade Federal do Maranhão (2015). Atualmente é professor, pesquisador da Universidade CEUMA. Atua na produção e criação de animais, preservação da fauna, gerenciamento, planejamento e administração de empreendimentos do agronegócio.

Patricia Almeida de Albuquerque

Graduação em Administração de Empresas (privadas e públicas) pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (2009). Especialização em Gerenciamento de Projetos pela Universidade Federal Fluminense (2016). Mestranda em Engenharia de Produção pela Universidade Federal Fluminense (2019). Sua principal linha de pesquisa é voltada para a área de gestão de projetos industriais. Atualmente é Especialista em Projetos na Companhia Siderúrgica Nacional, onde atua desde 2010.

Pedro José Papandréa

Ph.D. em Engenharia de Produção pela UNIFEI e Universidade do Tennessee (The University of Tennessee, Knoxville), EUA na modalidade PDSE CAPES (2018). Mestre em Engenharia de Produção - UNIFEI (2013). Pós-graduado em Engenharia de Produção pela UNIFEI em Qualidade e Produtividade (2011). Graduado em Administração de Empresas pela Faculdade de Administração e Informática de Santa Rita do Sapucaí (2005). Professor e consultor de Engenharia de Produção e Administração de Empresas. Black Belt Lean Six Sigma.

Rafael Coradi Leme

Professor Associado do Instituto de Produção e Gestão na UNIFEI. Possui graduação (2003), mestrado (2005) e doutorado (2008) em Engenharia Elétrica pela UNIFEI. Pesquisador na área de Otimização, Séries Temporais e Processos Estocásticos, e tem expertise na área de Sistemas Elétricos de Potência. Foi pesquisador visitante na Universidade do Texas em Austin entre 2006 e 2007 e na University of Strathclyde em Glasgow (Escócia) durante o ano de 2008 e Professor Visitante na University of Tennessee at Knoxville entre 2014 e 2015.

Rafaela Maggioni

Graduada em Logística pela Universidade Luterana do Brasil com vários cursos de aperfeiçoamento na área de logística empresarial

Ricardo Pereira

Formado técnico em Comércio Exterior (SENAC). Possui graduação em Administração - com ênfase em Comércio Exterior pelo Centro Universitário Leonardo da Vinci (2008). Especialista em Lean Manufacturing pela SUSTENTARE Escola de negócios (2011). Tem experiência na área de Engenharia de Produção, Logística e PPCP com ênfase em LEAN MANUFACTURING. Atualmente estudando Engenharia de Produção Stricto Senso (SOCIESC).

Ritielli Berticelli

Mestre engenheira Civil e Ambiental formado pela Universidade de Passo Fundo, e Pós graduada em segurança do trabalho pela faculdade IMED. Atualmente docente na universidade de Cruz Alta.

Roberta Pinheiro Bortolassi

Graduada em Engenharia de Produção (2016) pela Universidade de Araraquara - UNIARA, atualmente cursando o programa de Mestrado Profissional em Engenharia de Produção pela Universidade de Araraquara - UNIARA. Conhecimento nas áreas de Engenharia de Produção, realização de estágio do mesmo. Área de pesquisa: Educação em Engenharia de Produção.

Roberto Costa Moraes

Graduado em Ciências Militares pela Academia Militar das Agulhas Negras – AMAN. Graduado em Administração de Empresas pela Universidade de Taubaté – UNITAU. Mestrado em Administração pela Universidade Federal de Uberlândia – UFU. Doutorado em Administração pela Universidade de São Paulo – USP, com estágio sanduíche na Linköping Universitet, Suécia.

Rodrigo Antônio Vicentini

Mestrando em Engenharia de Produção pela UNIARA (2017 a 2019). MBA em Elaboracao, Análise e Avaliação de Projetos pela Fundação Getúlio Vargas (2005). Graduação em Engenharia Mecânica pela UNIP (2012). A principal linha de pesquisa é voltada a área de Gestão de Projetos. Atualmente é Gerente da área de Desenvolvimento de Produtos de Máquinas Agrícola na empresa aJumil implementos Agrícola.

Ruan Rodrigues da Silva

Graduando em Engenharia de Produção pela Universidade CEUMA, Integrante do Projeto Movimento Sustentável focado na reutilização de água condensada dos aparelhos de ar condicionado.

Sergio Horta Mattos

Doutor e Mestre em Agronomia/Fitotecnia -UFC (2000 e 1992, respectivamente). Especialista em Gestão Ambiental -UVA (2013). Engenheiro Agrônomo pela UFC (1980). Desenvolveu atividades profissionais na UFC de 1982 até 2016, no âmbito das áreas de ensino, pesquisa e extensão, colaborando em nível de graduação e pós-graduação. Atuou como Coordenador Administrativo do Centro Universitário Católica de Quixadá (UNICATÓLICA), onde, atualmente, é docente e exerce o cargo de Coordenador de Gestão Acadêmica.

Sumara Rodrigues Ramos da Silva

Graduanda em Engenharia de Produção pelo Centro Universitário Salesiano de São Paulo (UNISAL – Lorena). Certificação em Lean Six Sigma Green Belt (2018). Atualmente, exerce função na área de RH da AmstedMaxion - Greenbrier Cruzeiro.

Talita Nunes De Araújo

Acadêmica do curso de Engenharia de Produção da Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG) unidade Passos. Principais linhas de pesquisas em educação em engenharia de produção e motivação no ambiente de trabalho. Participação como vice-presidente do Centro Acadêmico do curso de Engenharia de Produção da UEMG (2016) e como diretora financeira na ONG Engenheiros sem Fronteiras (2018).

Tanise Ourique da Silva

Graduanda em Engenharia de Produção pela Sociedade Educacional Três de Maio – SETREM (2020). Sua principal linha de pesquisa é Engenharia de Produção voltada para a programação linear. Atualmente é estagiária em uma empresa Metalmecânica, na área de suporte ao produto.

Tayse Mesquita De Sousa

Bacharel em Engenharia de Produção Mecânica pela Universidade Federal do Ceará - UFC (2018). Tem conhecimentos nas áreas de Engenharia de Produção, com maior ênfase em Gestão Financeira, Gestão de

Custos, Gestão de Processos e Engenharia Organizacional e Estratégica em Redes de Franquias de Fisioterapia.

Thiago Pouza Mussolini

Possui graduação em Engenharia de Controle e Automação pela Universidade Federal de Itajubá (2008), mestrado em Engenharia Elétrica na área de microeletrônica pela Universidade Federal de Itajubá (2011) e MBA Executivo pela Universidade Federal de Itajubá (2014). Atualmente é doutorando em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Itajubá na área de microeletrônica.

Vinicius de Carvalho Paes

Bacharel em Ciência da Computação (2008) e Mestre em Ciência e Tecnologia da Computação (2012) pela Universidade Federal de Itajubá. Doutorando em Engenharia de Produção pela UNIFEI e pesquisador do Núcleo de Otimização da Manufatura e de Tecnologia da Inovação. Experiência prática e profissional em gerência de projetos, gerenciamento de servidores, infraestrutura de redes de computadores, segurança da informação, banco de dados, *web analytics*, *web crawler*, data mining e inteligência artificial.

Xueping Li

Xueping Li é Professor Associado de Engenharia Industrial e de Sistemas e Diretor do Laboratório de Ideação (iLab) e co-Diretor do Laboratório de Tecnologia e Simulação de Inovação em Saúde (HITS) da Universidade do Tennessee - Knoxville. Ph.D. pela Universidade Estadual do Arizona. Suas áreas de pesquisa incluem modelagem de sistemas complexos, simulação e otimização, garantia de informações, programação, gerenciamento da cadeia de suprimentos, análise de dados e engenharia de sistemas de saúde.

