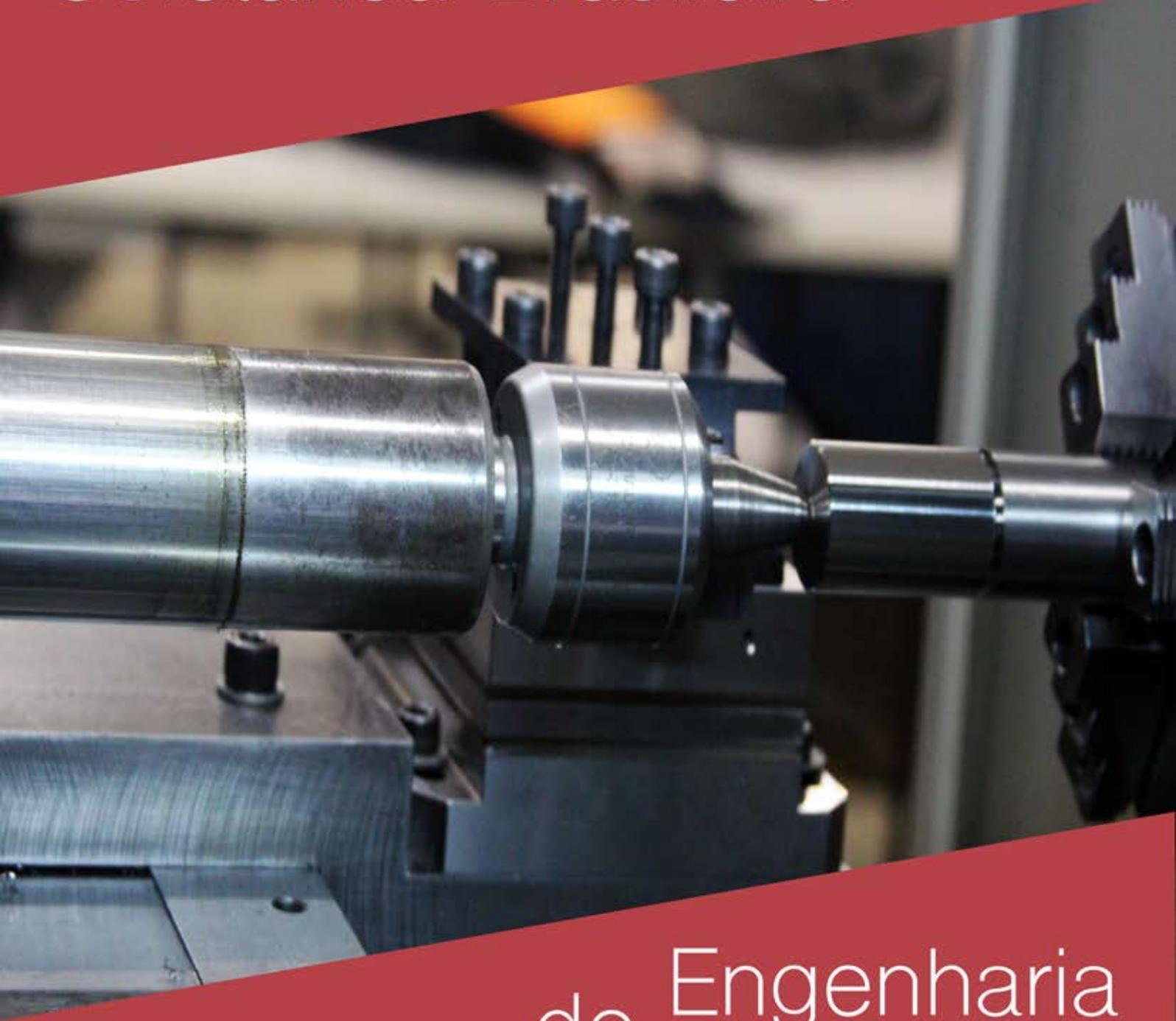


# Coletânea Brasileira



# de Engenharia Produção 7

1ª edição  
2019

STELLATA EDITORA

**Vinicius de Carvalho Paes**  
**Organizador**

# **Coletânea Brasileira de Engenharia de Produção 7**

**STELLATA**  
**ITAJUBÁ – BRASIL**  
**2019**

© 2019 – Stellata

stellata.com.br

✉ publicacao@stellata.com.br

**Editor Chefe e Organizador:** Vinicius de Carvalho Paes

**Editoração, Arte e Capa:** Thaise Ribeiro Luz

**Revisão:** Respectivos autores dos artigos

**Conselho Editorial**

Prof. Dr. Pedro José Papandréa

Prof. Dra. Juliana Helena Daroz Gaudencio

Prof. Me. Alexandre Fonseca Torres

Prof. Me. Ernany Daniel de Carvalho Gonçalves

Prof. Me. João Paulo Chaves Barbosa

Prof. Me. Vinicius de Carvalho Paes

C694

Coletânea brasileira de engenharia de  
produção 7 / Organizador Vinicius de Carvalho  
Paes. - Itajubá (MG) : Stellata Editora, 2019.  
215p. : il.

Formato: PDF

ISBN 978-85-94105-08-0

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**

A **Coletânea Brasileira de Engenharia de Produção 7** foi concebida diante artigos científicos aceitos em eventos de Engenharia de Produção e Gestão e/ou especialmente selecionados e revisados por pesquisadores da área.

Esta publicação tem como um dos objetivos, garantir a reunião e visibilidade destes conteúdos científicos por meio de um canal de comunicação acessível para muitos leitores.

Esta coletânea em formato e-book conta com 11 trabalhos científicos de diferentes áreas da Engenharia de Produção e Gestão, com contribuições de diversos autores. A biografia dos autores pode ser verificada no fim desta publicação. Nos artigos selecionados, é possível verificar a utilização de metodologias de pesquisa aplicadas em diferentes objetos de estudo.

# Sumário

## Capítulo 1

A COMUNICAÇÃO COMO FATOR DECISIVO PARA O SUCESSO ORGANIZACIONAL

*Dênis Mateus de Paiva, Pedro José Papandrea, Aline Luíza Barreto e Kátia Flávia Torres de Lima*.....p.6

## Capítulo 2

ANÁLISE DE EFICIÊNCIA DE PROCESSOS DE INOVAÇÃO DE ATIVIDADES ECONÔMICAS DE INDÚSTRIAS DE TRANSFORMAÇÃO NO BRASIL

*Gustavo dos Santos Leal, Aline Villas-Bôas Silveira e Lupércio França Bessegato*.....p.17

## Capítulo 3

ANÁLISE DOS CUSTOS DE FABRICAÇÃO DE TRUFAS ARTESANAIS: UM ESTUDO DE CASO

*Andressa Raquel Weber, Felipe Eduardo Fernandes e Catia Raquel Felden Bartz*.....p.34

## Capítulo 4

APLICAÇÃO DO SISTEMA DE TROCA RÁPIDA DE FERRAMENTAS NO SETOR CNC DE UMA INDÚSTRIA DE MOLDES PARA CALÇADOS

*Rodrigo Borges Ribeiro, José de Souza, Alexandre Beluco, Luciano Volcanoglo Biehl, Jorge Luiz Braz Medeiros, Frederico Sporket, Elton Gimenez Rossini e Fábio Augusto Dornelles do Amaral*.....p.46

## Capítulo 5

ESTUDO DA VIABILIDADE ECONÔMICA DA IMPLANTAÇÃO DE GERADORES HIDRELÉTRICOS PARA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA NA COPASA-MG

*Carlos Eduardo Batista, Thiago Pouza Mussolini e Juliana Helena Daroz Gaudencio*.....p.65

## Capítulo 6

ESTUDO DO EFEITO DO TRATAMENTO TÉRMICO DE ALÍVIO DE TENSÕES NA MICROESTRUTURA E TAMANHO DE GRÃO DE UM AÇO MICROLIGADO

*Leandro Macedo Cozza, José de Souza, Marcos Fernando da Silva Junior, Jorge Luis Braz Medeiros, Luciano Volcanoglo Biehl, Carlos Otávio Dama Martins e Frederico Sporket*.....p.90

## Capítulo 7

O ENGENHEIRO DE PRODUÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL: A IMPORTÂNCIA DESTE PROFISSIONAL EM UMA INDÚSTRIA DE PRÉ-FABRICADOS DE CONCRETO

*Janyel Trevisol*.....p.104

## Capítulo 8

PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO: REFLEXÕES A PARTIR DA ANÁLISE SWOT E MATRIZ GUT EM UMA MICROEMPRESA

*Débora Paula Borges de Oliveira Cechin, Stella Jacyszyn Bachega e Dalton Matsuo Tavares*.....p.124

## Capítulo 9

PROPOSTA PARA PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO DE PIZZAS: ESTUDO DE CASO

*Andressa Raquel Weber, Felipe Tomm, Fernando Zarth, Lucas Tilvitz Backes e Sirnei Cesar Kach*.....p.145

## Capítulo 10

SENSIBILIDADE QUANTO À ESCOLHA DE VARIÁVEIS EM DEA EM UMA UNIVERSIDADE

*Gustavo dos Santos Leal, Gleice Santana Moraes, Victor Cláudio Paradela Ferreira, Danilo de Oliveira Sampaio e Lupércio França Bessegato*.....p.159

**Capítulo 11**

**TÉCNICA DA DUPLA CAMADA NA SOLDAGEM DO AÇO ASTM 131 GRAU AH 36: ESCOLHA DAS ENERGIAS**

*Leandro Macedo Cozza, José de Souza, Jorge Luis Braz Medeiros, Luciano Volcanoglo Biehl, Demostenes Ferreira Filho e Frederico Sporket.....* p.188

**Sobre o organizador .....** p.210

**Sobre os autores .....** p.211

# Capítulo 1

## A COMUNICAÇÃO COMO FATOR DECISIVO PARA O SUCESSO ORGANIZACIONAL

Dênis Mateus de Paiva

Pedro José Papandrea

Aline Luíza Barreto

Kátia Flávia Torres de Lima

# A COMUNICAÇÃO COMO FATOR DECISIVO PARA O SUCESSO ORGANIZACIONAL

Dênis Mateus de Paiva  
Pedro José Papandrea  
Aline Luíza Barreto  
Kátia Flávia Torres de Lima

## **Resumo**

No presente artigo serão encontradas visões de diversos autores acerca de temas como comunicação, comunicação organizacional, comunicação interna destacando a importância da comunicação interna nas organizações. Buscou-se desenvolver uma pesquisa voltada para a preocupação da comunicação eficaz dentro da empresa.

Atualmente, vive-se em um mundo onde há muitos problemas nas informações devido à distorção da mensagem dentro da organização, ou seja, a mensagem não chega de maneira clara à pessoa receptora podendo causar alguns problemas e até mesmo conflitos.

É importante que a empresa encare a comunicação como aliada para os negócios, pois o bom relacionamento com seus públicos, interno e externo, assegura o reconhecimento perante a sociedade, valoriza os recursos e o potencial de seus colaboradores, e auxilia no fortalecimento da reputação. Ter uma comunicação empresarial feita de forma profissional pode ajudar nos negócios. Identificando tal problema surgiu a necessidade de trabalhar este tema com a finalidade de conscientizar as organizações da importância da comunicação e como o mesmo este assunto está sendo abordado.

**Palavras-chave:** comunicação, mensagem, organização, distorção

## **1. Introdução**

Comunicação provém do termo latim “*communis*”, que significa comum, por esse motivo, ao comunicar-se se estabelece algo comum com alguém, é um conjunto de técnicas e atividades que procuram a fluidez de mensagens entre os membros de uma organização, afetando opiniões, atitudes e condutas, tanto para os receptores internos quanto para os externos. A

comunicação num nível gerencial determina a eficiência tanto para a solução de problemas como para o fortalecimento das relações entre aqueles que as conformam, estruturando desta forma o planejamento de controle, por este motivo pode-se dizer que ela é uma das mais ativas encruzilhadas no estudo profundo do comportamento humano, o qual é perfeitamente compreensível, já que a comunicação é um processo considerado fundamental, fazendo com que ela passe de um campo animado de investigação e teoria. (QueConceito,2018).

Um bom clima organizacional favorece a motivação, desempenho e o comprometimento dos colaboradores, fazendo com que as organizações busquem pela comunicação eficaz tendo-a como um fator importante dentro da organização, evitando problemas interpessoais e até mesmo prejuízo nos resultados caso não haja uma comunicação clara, objetiva que demonstre o andamento dos processos e atividades a serem realizadas.

Este artigo faz um breve resgate histórico da comunicação seu significado identificando os tipos existentes e as barreiras que a comunicação sofre, tentando esclarecer alguns pontos importantes que pode ajudar a prevenir e solucionar alguns conflitos gerados pela distorção ou até mesmo a falta de comunicação dentro de uma organização podendo impactar os resultados esperados.

## **2. Metodologia**

O presente trabalho, que tem como principal objetivo verificar a importância da comunicação interna das organizações que será realizado por meio de uma pesquisa com base em dados bibliográficos de materiais já existentes como livros de autores renomados no assunto. Caracterizando-se assim como uma revisão da bibliografia do tema proposto.

## **3. Conceito e importância da comunicação organizacional**

Segundo Chiavenato (1989, p. 39), comunicar não é somente transmitir uma mensagem é, sobretudo, fazer com que a mensagem seja compreendida pela outra pessoa. Se não houver compreensão do significado, não há comunicação. Se uma pessoa transmitir uma mensagem e esta não for compreendida pela outra pessoa a comunicação não se efetiva.

Assim, a informação transmitida tem a obrigatoriedade de ser compreensível ao receptor, devido às pessoas terem diferentes maneiras de interpretar a informação recebida elas variam a partir de suas percepções, seus valores pessoais, suas motivações, onde cada indivíduo torna

bastante pessoal e singular sua interpretação das coisas.

A transferência de informação de um indivíduo para o outro é absolutamente essencial. É o meio através do qual o comportamento é modificado, as mudanças são efetivas, a informação é transformada em algo produtivo e as metas são atingidas (KOONTZ E O'DONNELL, 1981, p.409).

Os primatas já sentiam a necessidade de se comunicar, pois já viviam em grupos, o meio de comunicação utilizado por eles para expressarem seus sentimentos, ou para dar algum alerta era fazer pinturas ou desenhos nas pedras e rochas, mas o mundo foi mudando e hoje o cenário é bem diferente, ainda mais depois da chegada da globalização.

Com o triunfo capitalista e o enfraquecimento/esfacelamento da esquerda mundial, estabeleceu-se como majoritária uma vivência em sociedade pautada pela esfera do mercado, do *laissez-faire, laissez-passer, onde a “mão invisível” do mercado é livre para “agir” e não deve sofrer qualquer tipo de intervenção estatal (daí a noção smithiana de “Estado mínimo”)*, a não ser para garantir a chamada “livre concorrência”. (SMITH, 2003). De acordo com o jornalista Paulo Nassar e o sociólogo Rubens Figueiredo “a comunicação empresarial pode ser pensada como uma guerra com muitas frentes de batalha, uma voltada para mostrar que a empresa tem uma relação de respeito com a natureza e sua preservação; a frente de batalha para conquistar e manter novos consumidores; a frente de batalha da comunicação interna voltada para o grupo de trabalhadores que compõe o recursos humanos das empresas modernas; a frente de batalha complicada entre as relações da empresa e do governo e por fim a frente de batalha da propaganda e da promoção de produtos e é através destes contextos que a empresa vai formando sua imagem, e a forma como a empresa se posiciona interna e externamente totalmente associado para um bom resultado.”

#### **4. Tipos de comunicação**

Hoje quando se fala em comunicação nas organizações deve-se observar que há dois tipos de comunicação que é necessário considerar: Formal e Informal.

Para Chiavenato (1989), a explicação para estes tipos de comunicação de dá da seguinte forma:

- a) Formal: é a comunicação trabalhada através dos canais de comunicação existentes nos setores da empresa. A mensagem é transmitida e recebida dentro dos canais de

comunicação formalmente estabelecidos pela empresa na sua estrutura organizacional. A informação é basicamente vinculada pela estrutura formal da empresa onde quase toda informação formal é feita por escrito e documentada através de correspondência ou formulários;

b) Informal: é a comunicação espontaneamente desenvolvida pela estrutura informal da empresa e fora dos canais de comunicação estabelecidos pelos setores da empresa. Frequentemente a comunicação informal transmite mensagens que podem ou não ser referentes a atividades da empresa.

Assim, as organizações escolhem a melhor forma de comunicação, essa variando conforme a cultura, desenvolvimento da empresa e do público alvo que se deseja atingir.

## **5. Componentes básicos do processo de comunicação**

Processo de comunicação é a transmissão de informação e de significados, pois sem eles não há comunicação eficaz dentro da organização.

De acordo com Chiavenato (1989), no processo de comunicação existem cinco etapas que ela deve percorrer:

- a) Emissor: é a pessoa que pretende comunicar uma mensagem, onde cabe a ela escolher o conteúdo da mensagem utilizando o uso correto de símbolos e verificando qual seria o melhor canal a ser utilizado, para que a mensagem seja compreendida pelo destinatário;
- b) Transmissor: é a etapa que codifica a mensagem, ou seja, ele insere um significado pretendido em uma mensagem, cabe a ele entender e repassar a informação;
- c) Canal: é um componente utilizado pelo emissor para levar a mensagem ao receptor, ou seja, é o espaço situado entre o emissor e o destinatário. O canal vai influenciar na maneira pela qual o receptor entenderá a mensagem transmitida;
- d) Receptor: é o indivíduo que recebe a mensagem e depois a decodifica produzindo uma resposta para o remetente;
- e) Destinatário: é a pessoa a quem é destinado a mensagem, por isso é fundamental que o código utilizado seja do conhecimento dele.

Porém, no processo de comunicação sofrem-se também ruídos que podem provocar perdas ou

desvios na mensagem que prejudica a sua compreensão ou a interferência, essa que pode provocar distorção na mensagem transmitida. Mas, nem sempre aquilo que o emissor pretende comunicar ao seu destinatário é o que ele exatamente interpreta e compreende, por isso é indispensável que se use uma maneira de transmitir a mensagem desejada utilizando um conteúdo que todos possam compreender. Uma comunicação eficaz no cenário organizacional pode ser entendida como aquela que transforma e muda a atitude das pessoas. Se a comunicação apenas muda suas ideias, mas não provoca nenhuma atitude, então ela não atingiu seu resultado.

## **6. Barreiras da comunicação**

As barreiras na comunicação são entendidas como um conjunto de fatores que impedem ou dificultam a recepção da mensagem no processo comunicacional. Torquato (1998) cita alguns fatores:

Relacionamentos entre grupos, retenção de informação por parte de determinados grupos, constrangimento entre áreas, rotinas emperradas, fluxo informativo saturado pelo grande volume de mensagens, dificuldade para fazer chegar uma mensagem até o destinatário final, incompreensão de mensagens, incapacidade de uma mensagem subir aos níveis superiores, relacionamento lateral entre grupos hierárquicos de mesmo nível, pouca visibilidade de canais, pouco acesso das pessoas aos canais de comunicação, indefinição de fontes de comunicação, os boatos. (TORQUATO 1998, p. 163).

Esse autor mostra que as barreiras na comunicação são as mais diversas. Qualquer fator que provoque ruído no processo de comunicação, ou seja, qualquer elemento que perturbe, confunda ou interfira, certamente alterará o resultado da comunicação. Portanto, é necessário ter muita habilidade para detectar os problemas para poder enfrentar as mais diferentes situações e melhorar o entendimento com as pessoas.

Segundo Schermerhorn (1999), para melhorar o processo de comunicação nas organizações é importante pelo menos compreender e lidar com cinco fontes de ruído potencial ou interferência:

- a) Distrações físicas: estas ocorrem no ambiente de trabalho em que acontece o processo de comunicação;
- b) Problemas de semânticas: que é a escolha errada ou o uso errado de palavras;

- c) Diferenças culturais: são as dificuldades que os colaboradores têm em aceitar ideias, princípios e valores diferentes dos seus, estes que mudam conforme cultura e educação;
- d) Ausência de *feedback*: essa ocorre quando não há o retorno da mensagem ao emissor;
- e) Efeitos do *status*: é um fluxo restrito de comunicação dos níveis mais baixos até os níveis mais altos.

Portanto, a organização que conseguir lidar com essas barreiras que acontecem na comunicação conseguirão transmitir a mensagem ou a informação de forma segura e clara ao seu destinatário.

## **7. Comunicação organizacional**

A comunicação nas organizações vai depender da qualidade da comunicação pessoal e interna, ou seja, se as pessoas dentro da organização se comunicam de forma correta. Assim, a comunicação deve ser considerada uma ferramenta que impulsiona os resultados, metas e objetivos. Dessa forma, os processos organizacionais de comunicação devem ser elaborados de acordo com a realidade da organização para ser uma ferramenta eficiente e de sucesso.

A empresa pode ser encarada como um organismo vivo, pois ela vive em um processo constante de planejamento, implementação, avaliação, organização e direcionamento de suas práticas, segundo Pimenta (2006). A autora diz que essa organicidade da empresa é um requisito importante para garantir:

- Sobrevivência de um mercado altamente competitivo;
- Adequação às inovações tecnológicas e transformações culturais;
- Expansão, ampliando vendas e lucros.

A comunicação está intrinsecamente articulada a esse processo tornando-o viável. Ela interliga os vários elementos (indivíduos, grupos, departamentos) organicamente e projeta qualidade desse processo para o público externo da empresa. (PIMENTA, 2006, p.58)

Torquato (1996) defende que a função básica da comunicação na empresa é promover consentimento e aceitação. Para tanto, é necessária uma estrutura bem definida e coordenação centralizada. Essa coordenação seria responsável pelas pesquisas, táticas, estratégicas, fluxos, planos de comunicação.

Matos (2009) argumenta que a comunicação em uma organização acontece de diversas formas e podem variar quando estão relacionadas a contextos diferentes, elementos e tipos de comunicação que serão utilizadas. Ele afirma que a comunicação se divide em dois itens: comunicação verbal e comunicação não verbal. Segundo esse autor, a comunicação verbal envolve trocas de conhecimento e experiências, participação e transmissão. Ela pode ser: interna (quando acontece dentro da empresa) e externa (quando ultrapassa os limites da empresa). Quanto à transmissão da mensagem, a comunicação ocorre de duas formas: oral e escrita.

A comunicação oral é muito importante, muitas questões poderiam ser resolvidas por meio de um contato, reuniões de integração, avaliação, análise, controle e feedback. As comunicações orais merecem muita atenção. Quanto aos tipos de comunicação a serem utilizados, podem ser: formal (realizada através da hierarquia: veículos) e informal (realizada fora do sistema convencional: consideradas inadequadas, Rádio peão ou rádio corredor). (MATOS, 2009).

Comunicação não verbal é aquela que passa a informação manifestando sentimentos sem usar a palavra. Exemplo: balançar a cabeça ou o dedo indicador para indicar um “não”. Geralmente, não temos consciência nem controle voluntário de toda essa sinalização não verbal e as pessoas confiam nessa linguagem silenciosa, que fala da essência do ser humano, do que ele está sentindo, segundo Matos (2009).

Com relação a isso o autor explica que: “Raríssimas vezes falamos tudo o que pensamos e / ou sentimos, mas para um bom entendedor somos sempre capazes de demonstrar o que estamos sentindo, porque muito dessa sinalização não-verbal não é necessariamente consciente e também não tem controle voluntário” (MATOS, 2009, p.55).

É importante checar se as rotinas e os processos estão funcionando bem. Caso não é imprescindível analisar o que está acontecendo, rever ou criar mecanismos que orientem os envolvidos a se comunicarem corretamente, visando alcançar objetivos organizacionais.

## **8. Comunicação eficaz na organização**

A comunicação eficaz ocorre quando o significado pretendido da mensagem é o significado percebido pelo receptor, ou seja, a mensagem foi transmitida de maneira clara sem problemas de sofrer distorções.

Assim o maior desafio das organizações é a comunicação, pois todo processo de comunicação é falho e está sujeito a distorções. "Boa parte de nossos problemas resulta de comunicações

inadequadas, inoportunas ou falhas”. (LACOMBE, 1989, p.210). Portanto, para se ter uma boa comunicação dentro da organização é necessário que a empresa conheça bem seus colaboradores para saber a melhor forma de se transmitir as informações dentro da organização de forma de que todos a compreendam.

Além de se ter uma boa relação com os colaboradores, a boa comunicação entre eles pode trazer melhores rendimentos e assim sucesso promissor a empresa e o atingimento de todos os seus objetivos.

É possível perceber que devido ao grande número de informações e relações interpessoais que ocorrem dentro das organizações, ter um setor que centralize essa atividade é de grande importância para evitar ruídos e falhas na comunicação que possam prejudicar o negócio (PIMENTA, 2006).

Chiavenato (1999) afirma que toda organização deve ser construída sobre uma firme e segura base de informação e de comunicação e não apenas sobre uma hierarquia de autoridade.

*Todas as pessoas – desde a base até a cúpula da organização – devem assumir suas responsabilidades através da disseminação da informação. Drucker afirma que cada pessoa deve aprender a fazer duas perguntas fundamentais. A primeira, qual a informação de que necessito para o meu trabalho: de quem, quando e como? A segunda, qual a informação eu proporciono aos outros a respeito do trabalho que eles fazem, de que forma e quando? Em plena era da informação, cada vez mais as organizações necessitam de sistemas de informação adequados para lidar com a complexidade ambiental e para transformar seus funcionários em parceiros e agentes ativos da mudança e da inovação (CHIAVENATO, 1999, p. 404).*

Para esse autor, a comunicação passa, dessa forma, a representar um papel cada vez mais importante na viabilização da gestão organizacional mais participativa baseada em conhecimentos compartilhados através dos atuais suportes tecnológicos. A comunicação é importante e necessária para gestores e empregados de maneira que os colaboradores e a empresa estejam alinhados quanto aos objetivos a serem alcançados. Que eles caminhem rumo ao mesmo resultado. Sendo assim, é através da comunicação eficaz que a organização conseguirá criar uma cultura corporativa, onde cada membro da equipe entende quais são os valores, crenças e regras de conduta da empresa.

## 9. Considerações finais

Após estudo sobre o que é a comunicação, sua importância para a organização e os problemas causados pelas barreiras (ruídos), é imprescindível que as organizações não fiquem paradas diante das diversas situações que podem ocorrer devido a descuidos no processo comunicativo e se tornem conscientes da importância da comunicação nas organizações pois só tendo uma boa comunicação é que as empresas conseguiram sucesso empresarial. Assim a empresa também percebe que ela precisa passar as informações pelos canais de comunicação de forma que a pessoa receptora as compreenda.

Se a comunicação flui de forma eficaz, a compreensão e o entendimento e será conforme comunicado e o resultado satisfatório.

Quando se diz que cada indivíduo é único não é algo dito aleatoriamente, cada pessoa tem a sua própria construção de significados que é pautada por toda uma carga cultural adquirida durante toda a existência, ou seja, as pessoas não agem iguais, pois suas formas de pensar são embasadas em questões culturais e particulares. Com isso, a forma de se expressar, a escolha das palavras, o tom da voz ou o meio utilizado na comunicação influencia tanto na forma como o ouvinte interpretará a mensagem recebida quanto na forma que esta mensagem será transmitida. Devido a isso, é importante entender quem é o seu receptor.

Nesse sentido, a comunicação deve ser um valor da empresa, ou seja, eles devem se preocupar com a comunicação eficaz, pois se não tiverem uma boa comunicação na organização não terão bons resultados e sim prejuízos incalculáveis.

O objetivo desse artigo foi relatar um pouco sobre como surgiu a comunicação, o que significa comunicação para melhor entendimento, os tipos de comunicação e que o processo de comunicação deve estar em evolução contínua. Deve ser aperfeiçoado todos os dias. Para isso, o “*feedback*” é uma ferramenta de suma importância, é necessário assegurar-se do retorno da mensagem que foi transmitida e certificar-se se ela cumpriu com o objetivo e, de fato, gerou a atitude esperada. Caso isto não ocorra, a mensagem deverá ser transmitida novamente, dessa vez, de uma forma mais clara, até mesmo usando outros meios e palavras, buscando entender quais são as dúvidas a fim de esclarecê-las e melhorar cada vez mais a comunicação existente entre as duas partes.

Uma comunicação correta evita atritos na organização e ajuda os colaboradores a concentrarem energias naquilo que realmente importa: os Resultados Extraordinários!

## REFERÊNCIAS

CHIAVENATO, Idalberto. Iniciação a Administração Geral. 1ª ed. São Paulo: Mcgraw-Hill, 1989.

CHIAVENATO, Idalberto. Gestão de pessoas. Elsevier Brasil, 2008. CHIAVENATO, Idalberto. Gestão de pessoas. Elsevier Brasil, 2008.

KOONTZ E O'DONNELL. Fundamentos da administração. 12. ed. São Paulo: Livraria Pioneira, 1981.

LACOMBE, Francisco José Masset. HEILBORN, Gilberto Luiz José. Administração Princípios e Tendências. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2008.

MATOS, Gustavo Gomes de. Comunicação empresarial sem complicações: como facilitar a comunicação na empresa, pela via da cultura e do diálogo. 2 ed. Ver. E ampl. Barueri, SP: Manole, 2009.

PIMENTA, Maria Alzira. Comunicação Empresarial. 5 ed. Campinas: Alínea, 2006.

QUE CONCEITO. Comunicação.

Disponível em :<<https://queconceito.com.br/comunicação>>. Acesso em 05 de nov.2018

SCHERMERHORN, John R.; HUNT, James G.; OSBORN, Richard N.

Fundamentos de Comportamento Organizacional. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 1999.

SMITH, Adam.; A riqueza das nações :São Paulo: Martins Fontes,2003.

TORQUATO, Gaudêncio: Comunicação Empresarial / Comunicação institucional. São Paulo: Summus. 1996.

TORQUATO, Gaudêncio. Cultura, poder, comunicação e imagem: fundamentos da nova empresa. São Paulo: Pioneira, 1991. \_ . Tratado de Comunicação Organizacional e Política. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2002.

# Capítulo 2

## ANÁLISE DE EFICIÊNCIA DE PROCESSOS DE INOVAÇÃO DE ATIVIDADES ECONÔMICAS DE INDÚSTRIAS DE TRANSFORMAÇÃO NO BRASIL

Gustavo dos Santos Leal  
Aline Villas-Bôas Silveira  
Lupércio França Bessegato

# ANÁLISE DE EFICIÊNCIA DE PROCESSOS DE INOVAÇÃO DE ATIVIDADES ECONÔMICAS DE INDÚSTRIAS DE TRANSFORMAÇÃO NO BRASIL

Gustavo dos Santos Leal  
Aline Villas-Bôas Silveira  
Lupércio França Bessegato

## Resumo

O presente estudo buscou avaliar a eficiência técnica quanto a processos de inovação de 23 atividades econômicas de indústrias de transformação no Brasil no ano de 2011. Foi aplicada a técnica não paramétrica de Análise por Envoltória de Dados com orientação a outputs, sendo coletadas, inicialmente, nove variáveis. São apresentadas também estatísticas descritivas quanto as variáveis de análise, mostrando a pertinência de se retirar uma variável. Onze atividades econômicas foram consideradas eficientes e serviram de benchmarkings para as ineficientes.

## 1. Introdução

A inovação tecnológica, seja de produtos ou de processos, é o principal passo para que uma organização apresente lucros extraordinários (PINDYCK; RUBINFELD, 2002), saindo de um possível estado de equilíbrio *walrasiano* ou de uma *economia uniformemente circular miseana*<sup>1</sup>. Para Schumpeter (1961) a atividade fundamental das organizações e do empreendedor é:

[...] reformar ou revolucionar o sistema de produção por meio do uso de uma invenção ou, de maneira mais geral, de uma nova possibilidade tecnológica para a produção de uma nova mercadoria ou para a fabricação de uma antiga em forma moderna, por meio da abertura de novas fontes de suprimento de materiais, novos canais de distribuição, reorganização da indústria, e assim por diante. (SCHUMPETER, 1961, p. 166).

---

<sup>1</sup> A diferença entre o equilíbrio geral de León Walras e a economia uniformemente circular de Ludwig Von Mises é que, segundo Kirzner (1986), para o último o equilíbrio é apenas um processo inatingível, enquanto que para o primeiro seria completamente possível a economia chegar a tal ponto, influenciando diretamente o modo de produção das organizações.

Em outras palavras o elemento chave para a atividade empresarial é a capacidade de enxergar elementos não explorados na organização ou nos mercados (KIRZNER, 1986). Enquanto que Schumpeter (1961) enxerga a atividade empreendedora como uma força desequilibradora do processo de produção para satisfazer os mercados, Kirzner (1986) enxerga a mesma atividade como sendo equilibradora da discrepância entre o interesse dos consumidores e a produção de bens e serviços que satisfaçam à necessidade dos mesmos.

No que tange à organização em si, a função de produção com especificação de Cobb-Douglas mostra a importância da inovação para se aumentar a produtividade e conseqüentemente diminuir o custo médio de produção. A função, em forma geral, é apresentada na Equação (1):

$$f(K, L) = A K^\alpha L^\beta \quad (1)$$

Para: A = constante; K = quantidade de capital; L = quantidade de trabalho.

Assim, a função de Cobb-Douglas respeita a Lei dos Rendimentos Marginais Decrescentes, que, segundo Mas-Colell, Whinston e Green (1995), ocorre na maioria dos processos de produção. O conceito afirma que a partir do aumento da utilização de um determinado insumo de produção, chega-se a um momento em que a produção adicional resultante da configuração de inputs decresce. Ou seja, a produtividade marginal é decrescente ao se aumentar um insumo, mantendo tudo o mais constante.

Desta forma, as organizações devem inovar a fim de deslocar a função de produção para cima, produzindo mais com a mesma quantidade de insumos (PINDYCK; RUBINFELD, 2002), dando condições de aumento de competitividade em uma inovação de processo, ou de aproveitamento de uma posição monopolista no curto prazo se ocorre uma inovação de bem ou serviço de forma direta, auferindo lucros maiores que os de uma concorrência perfeita.

Dentro deste contexto, este trabalho se propõe a avaliar a eficiência de atividades econômicas relacionadas às indústrias de transformação do Brasil, em uma *cross-section* no período de 2009 a 2011, por meio de Análise por Envoltória de Dados, para determinar quais as atividades são *benchmarkings*<sup>2</sup> em relação à eficiência na inovação.

Este artigo divide-se em seis seções, incluindo esta introdução. A seção seguinte aborda informações sobre inovação, indústrias de transformação e estudos relevantes utilizando

---

<sup>2</sup> Benchmarkings de acordo com Mittelstaedt (1992, p. 301) é “o processo de medir as atuais operações da empresa e compará-las com as empresas que apresentam as melhores práticas nestas operações”.

Análise por Envoltória de Dados. As seções subsequentes discorrem a metodologia utilizada neste trabalho, dados e estatística descritiva, resultados e discussões e, por fim, a conclusão.

## 2. Abordagem teórica

As políticas governamentais no Brasil, na década de 1990, tiveram por objetivo diminuir o processo inflacionário até então acelerado e, com isso, realizar um conjunto de alterações no setor industrial, inclusive “um processo de desindustrialização e acirramento da competição” (MENDES; LOPES; GOMES, 2012, p.195). Os autores relatam que, com isso, a inovação tecnológica tornou-se necessária para elevar a competitividade e reajustar a lucratividade.

A inovação não se resume em criar um novo produto, mas também em pequenas mudanças e adaptações, englobando “novas tecnologias, processos operacionais e práticas mercadológicas” (ZAWISLAK, 2008, p.9). Dados da Pesquisa de Inovação Tecnológica - Pintec realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE mostram que o número de empresas que implementou inovações de produto e/ou processo na indústria de transformação, objeto da pesquisa, aumentou no período de 2001 a 2014. Os dados da Pintec 2001 – 2003 mostraram que 27.621 empresas da indústria de transformação implementaram inovações de produto e/ou processo, seguido por 37.808 em 2006-2008, 41.012 em 2009-2011 e 41.849 em 2014.

Na Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE), a indústria de transformação se enquadra na seção “D”, que compreende as atividades que envolvem a transformação física, química ou biológica de materiais, substâncias ou componentes com a finalidade de se obterem produtos novos (IBGE, 2018). Constata-se, portanto, que o processo de produção nessa indústria seria a transformação de insumos (*inputs*) em produtos (*outputs*).

De acordo com Farrel (1957), é importante que os *inputs* retornem o máximo de *outputs* por unidade de medida. Dentro desse campo, a relação dos *inputs/outputs* mostra a eficiência, ao passo que, os resultados obtidos dessa relação remetem à eficácia (PARSONS, 1994).

Diversos estudos foram realizados sobre a relação da inovação com a eficiência e o progresso econômico como o trabalho de Wang e Huang (2007) que analisaram a eficiência de inovação de 30 países da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) e de 7 países não membros. Como *inputs* foram inseridos mão-de-obra, capital físico, pesquisadores, e técnicos de apoio à pesquisa. Como *outputs* foram utilizados número de

patentes e quantidade de artigos científicos publicados em diferentes áreas que foram vinculados por meio de combinação linear. Já Teitell (1994) utilizou dados de 68 países para criar uma função de produção com o intuito de explicar a relação entre número de patentes concedidas, total de cientistas, o total de engenheiros, os gastos em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), o tamanho da população e a renda per capita. Rousseau e Rousseau (1997) fizeram estudo parecido ao de Teitell (1994), mas optaram pela criação da fronteira de produção por meio da técnica não paramétrica de Análise por Envoltória de Dados (DEA). Como *inputs* ao modelo os autores utilizaram Produto Interno Bruto (PIB), População Economicamente Ativa (PEA) e Investimento em P&D de cada país, enquanto que como *outputs* foram utilizados número de publicações indexadas e número de patentes concebidas. A partir de dados de investimentos públicos na Grécia, Karkazis e Thanassoulis (1998) compararam a eficiência relativa de regiões gregas quanto à atração de investimentos privados por meio de aplicação de DEA. Foram considerados como inputs o total de investimentos públicos, inclusive no incentivo à educação de alta qualidade e à pesquisa e desenvolvimento. Como outputs foram considerados os investimentos privados, inclusive quanto ao desenvolvimento de pesquisas para fins de inovação. Diaz-Balteiro et al. (2005) aplicaram Análise por Envoltória de Dados (DEA) para analisarem a eficiência de atividades inovativas de 143 empresas da indústria madeireira espanhola, em cada etapa da cadeia de suprimentos, de 1998 a 2001. Como inputs utilizaram número de empregados; capital próprio; capital de terceiros; investimento em P&D e quantidade de parcerias com organizações de P&D, sendo esta última uma variável categórica de 0 a 5, que depende do número de parceiros. Como *outputs* foram considerados: vendas, Lucro Antes dos Juros, Imposto de Renda, Depreciação e Amortização (LAJIRDA), número de patentes concedidas, número de produtos inovadores e número de processos inovadores criados.

Conforme Hsu e Hsueh esse estudo aplicará a técnica de Análise por Envoltória de Dados (DEA) para atividades econômicas distintas levando em consideração que o processo de inovação, ou seja, as entradas e saídas são de um modo geral semelhantes.

### **3. Metodologia**

O objetivo deste trabalho é aplicar Análise por Envoltória de Dados para analisar a eficiência de atividades produtivas quanto à inovação. O processo de inovação pode ser executado,

segundo De Bes e Kotler (2011), por meio de etapas ou de funções. A Figura 1 apresenta um processo seguindo a forma clássica por etapas.

Figura 1 - Processo de Inovação por Etapas



Fonte: De Bes e Kotler (2011)

Como este estudo se baliza sobre o processo de inovação, tem-se que será assumida a condição de homogeneidade de Haas e Murphy (2003) das atividades analisadas: 1) as unidades produtivas estão engajadas no mesmo processo de produção (neste caso em especial, o processo de inovação, isto é: investem recursos em Pesquisa e Desenvolvimento com o intuito de avançarem sobre a fronteira de produção); 2) a mesma medida de eficiência é aplicada a todas as unidades em análise e; 3) as unidades produtivas estão operando sob as mesmas condições (o que pode ser considerado no intuito deste trabalho já que as atividades se encontram sob a mesma jurisdição estatal).

Este trabalho aplicará, portanto, a técnica de Análise por Envoltória de Dados, que consiste em uma técnica não paramétrica que procura encontrar *inputs* e *outputs* virtuais por meio da determinação de pesos advindos de sucessivas programações matemáticas, que tem o intuito de maximizar a eficiência de cada unidade em análise (THANASSOULIS, 2001).

As unidades de produção (DMUs) podem empregar de diversos modos os insumos e obter inúmeros tipos de produtos que a tecnologia empregada por cada uma permite, podendo obter naturalmente diversos níveis de produtividade.

Existem dois modelos clássicos de DEA: o Charnes, Cooper e Rhodes (CCR) que pressupõe retornos constantes de escala e o modelo de Banker, Charnes e Cooper (BCC) que possui como pressuposto o retorno não constante de escala (FERREIRA; GOMES, 2003).

Os modelos CCR orientados a *inputs* e a *outputs* e BCC, a *inputs* e a *outputs* são formalizados segundo as Equações (2), (3), (4) e (5) respectivamente:

$$\text{Max } Ef_0 = \sum_{j=1}^m u_j y_{j0}$$

Sujeito a:

$$\sum_{i=1}^r v_i x_{i0} = 1 \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^m u_j y_{jk} - \sum_{i=1}^r v_i x_{ik} \leq 0, \forall k$$

$$v_i; u_j \geq 0, \forall i, j$$

$$\text{Min } Ef_0 = \sum_{j=1}^r v_j x_{j0}$$

Sujeito a:

$$\sum_{i=1}^m u_i y_{i0} = 1 \quad (3)$$

$$-\sum_{i=1}^r v_i x_{ik} + \sum_{j=1}^m u_j y_{jk} \leq 0, \forall k$$

$$u_j; v_i \geq 0, \forall j, i$$

Para:  $Ef_0$  = eficiência da  $DMU_0$ ;  $v_i, u_j$  = pesos de inputs  $i, i=1, 2, \dots, r$  e outputs  $j, j=1, 2, \dots, m$ ;  $x_{i0}, y_{j0}$  = inputs  $i$  e outputs  $j$  da  $DMU_0$ ;  $x_{ik}, y_{jk}$  = inputs  $i$  e outputs  $j$  das  $DMU_{sk}$ ;  $k = 1, 2, \dots, n$ ;  $x_{i0}, y_{j0}$  = inputs  $i$  e outputs  $j$  da  $DMU_0$ .

$$\text{Max } Ef_0 = \sum_{j=1}^m u_j y_{j0} + u_s$$

Sujeito a:

$$\sum_{i=1}^r v_i x_{i0} = 1 \quad (4)$$

$$-\sum_{i=1}^r v_i x_{ik} + \sum_{j=1}^s u_j y_{jk} + u_s \leq 0, \forall k$$

$$v_i; u_j \geq 0, u_s \in \mathbb{R}$$

$$\text{Min } Ef_0 = \sum_{i=1}^r v_i x_{i0} + v_s$$

Sujeito a:

$$\sum_{i=1}^m u_i y_{i0} = 1 \quad (5)$$

$$-\sum_{i=1}^r v_i x_{ik} + \sum_{j=1}^s u_j y_{jk} - v_s \leq 0, \forall k$$

$$v_i; u_j \geq 0, v_s \in \mathbb{R}$$

Para:  $Ef_0$  = eficiência da  $DMU_0$ ;  $v_i, u_j$  = pesos de inputs  $i, i=1, 2, \dots, r$  e outputs  $j, j=1, 2, \dots, m$ ;  $x_{i0}, y_{j0}$  = inputs  $i$  e outputs  $j$  da  $DMU_0$ ;  $x_{ik}, y_{jk}$  = inputs  $i$  e outputs  $j$  da  $DMU_k$ ;  $u_s, v_s$  = valores dos fatores de escala;  $k = 1, 2, \dots, n$ .

Conforme pode ser observado, a técnica consiste em gerar quantas programações lineares forem suficientes para toda DMU em análise, a fim de maximizar a produtividade de cada tomadora de decisão, objetivando a eliminação da subjetividade na determinação dos pesos.

Um importante ponto a se destacar é que se unidades tomadoras de decisão podem ser classificadas como falso eficientes. Este fato se dá pois a unidade em análise pode estar sobre a fronteira de eficiência, mas em uma posição paralela a algum dos eixos, podendo diminuir os insumos mantendo a produção ou aumentar o produto mantendo os insumos

(THANASSOULIS, 2001). A isso denomina-se o nome de folga. Pode-se calcular as folgas, para modelos orientados a *inputs* e a *outputs* segundo as Equações 6 e 7, respectivamente:

$$s_{io}^- = \theta x_{i0} - \sum_{k=1}^n \lambda_k x_{ik}; \quad (6) \quad s_{mo}^+ = -y_{i0} + \sum_{k=1}^n \lambda_k y_{mk}; \quad (7)$$

$$i = 1, 2, \dots, r \quad m = 1, 2, \dots, s$$

Para:  $s_{io}^-$  = folga de insumo;  $s_{mo}^+$  = folga de produto;  $\theta$  = índice de eficiência;  $x_{ik}$  = nível de insumo atual;  $y_{mk}$  = nível de produto atual;  $\lambda_k$  = pesos do modelo de envelope.

Quanto à escolha de variáveis, Ferreira e Gomes (2003) apontam para o cuidado de não se inserir em modelagens DEA mais de 1/3 de variáveis em relação à quantidade de DMUs, a fim de não prejudicar a ordenação do modelo. A Equação 8 formaliza o explicitado anteriormente.

$$VAR_{max} = DMUs/3 \quad (8)$$

#### 4. Dados e estatística descritiva

Foram coletados dados de 23 atividades industriais de transformação da plataforma de Pesquisa de Inovação (PINTEC) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) do triênio de 2009-2011, que consiste em uma pesquisa com foco em processos de inovação realizada a cada três anos, cobrindo os setores da indústria, serviços, eletricidade e gás. Justifica-se o período, pois segundo Mendes, Lopes e Gomes (2012) o investimento em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) não possui retorno no curto prazo.

As unidades analisadas (DMUs), classificadas segundo a Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE – 1.0), são apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1 – Atividades da Indústria de Transformação analisadas

<b>Indústria de Transformação</b>	<b>DMUs n</b>
Fab. de produtos alimentícios	DMU 1
Fab. de bebidas	DMU 2
Fab. de produtos do fumo	DMU 3
Fab. de produtos têxteis	DMU 4
Confecção de artigos do vestuário e acessórios	DMU 5
Fab. de artefatos de couro, artigos de viagem e calçados	DMU 6
Fab. de produtos de madeira	DMU 7
Fab. de celulose, papel e produtos de papel	DMU 8
Impressão e reprodução de gravações	DMU 9
Fab. de coque, de produtos derivados do petróleo e de biocombustíveis	DMU 10
Fab. de produtos químicos	DMU 11
Fab. de produtos farmoquímicos e farmacêuticos	DMU 12
Fab. de artigos de borracha e plástico	DMU 13
Fab. de produtos de minerais não-metálicos	DMU 14
Metalurgia	DMU 15
Fab. de produtos de metal	DMU 16
Fab. de equipamentos de informática, produtos eletrônicos e ópticos	DMU 17
Fab. de máquinas, aparelhos e materiais elétricos	DMU 18
Fab. de máquinas e equipamentos	DMU 19
Fab. de veículos automotores, reboques e carrocerias	DMU 20
Fab. de móveis	DMU 21
Fab. de materiais para uso médico e odontológico e de artigos ópticos	DMU 22
Manutenção, reparação e instalação de máquinas e equipamentos	DMU 23

Fonte: elaboração própria

As variáveis coletadas e seus significados são apresentadas no

Quadro 2. Nota-se que as variáveis estão com consonância com a teoria da produção microeconômica, considerando que o número de empresas inovadoras representa o capital produtivo, e as variáveis representativas de recursos humanos a mão de obra.

Quadro 2 - Variáveis coletadas da PINTEC e seus significados

Variável	Significado	Variável	Significado
DMU	Atividades econômicas analisadas	GT	Graduados técnicos
NEI	Número de Empresas Inovadoras	NMT	Técnicos com nível médio e fundamental
PGP	Pós-Graduados Pesquisadores	AT	Auxiliares Técnicos
GP	Graduados Pesquisadores por atividade	PDI	Quantidade de Produtos Inovadores
NMP	Pesquisadores com nível médio e fundamental	PCI	Quantidade de Processos Inovadores

Fonte: elaboração própria.

Por se tratar de um estudo de eficiência, é importante a classificação das variáveis em *outputs* (saídas) e *inputs* (entradas), que é apresentado no Quadro 3.

Quadro 3 - Classificação das variáveis entre *Inputs* e *Outputs*

Classificação	Variáveis
<i>Inputs</i>	NEI; PGP; GP; NMP; GT; NMT e; AT
<i>Outputs</i>	PDI; PCI

Fonte: elaboração própria

Nota-se que as médias de todas as variáveis são maiores do que as medianas, indicando assimetria positiva nas distribuições de probabilidade.

Tabela 1 – Estatísticas descritivas das variáveis

Variável	Média	Mediana	Desv. Pad.	Min	Máx
NEI	1.359,53	847,00	1.265,53	16	4.953
PGP	230,22	122,00	268,84	2	905
GP	1.253,52	564,00	1.768,66	47	7.498
NMP	328,91	133,00	495,96	0	2.132
GT	371,91	214,00	429,93	0	1.323
NMT	404,44	283,00	399,97	4	1.426

AT	265,78	136,00	362,65	2	1.643
PDI	843,04	618,00	703,62	12	2.687
PCI	1.547,61	1.065,00	1.441,03	8	5.477

Fonte: elaboração própria

Considerando a discrepância entre as atividades econômicas analisadas, visualizada pela amplitude máxima de cada variável, este trabalho aplicará o modelo CCR, de retornos constantes de escala, pois, segundo Bandeira (2003), este método não é afetado pelo tamanho relativo das DMUs em análise.

Ferreira e Gomes (2003) argumentam que para se realizar uma análise de eficiência por meio de DEA deve-se analisar primeiramente a matriz de correlação entre as variáveis com o intuito de encontrar correlações fortes entre as variáveis pertencentes ao mesmo grupo (*outputs* ou *inputs*) a fim de eliminar uma das variáveis altamente correlacionadas. Os índices de correlação, apresentados na Tabela 3, podem ser interpretados segundo a Tabela 2.

Tabela 2 - Classificação da Correlação de Spearman

Correlação	Classificação
0,90 – 1,00	Muito Forte
0,70 – 0,90	Forte
0,50 – 0,70	Moderada
0,30 – 0,50	Fraca
0,00 – 0,30	Desprezível

Fonte: adaptado de Mukaka (2012)

Tabela 3 - Matriz de Correlação entre as variáveis *inputs*

	NEI	PGP	GP	NMP	GT	NMT	AT	PDI	PCI
NEI	1.0000								
PGP	-0.1957	1.0000							
GP	0.0761	0.8162	1.0000						
NMP	0.2737	0.4723	0.7796	1.0000					
GT	0.2381	0.6551	0.9121*	0.8172	1.0000				
NMT	0.1492	0.7540	0.8765	0.6818	0.8439	1.0000			
AT	0.3666	0.5751	0.8389	0.7747	0.9150*	0.7075	1.0000		
PDI	0.9209	0.0247	0.3350	0.4802	0.5030	0.4002	0.6255	1.0000	
PCI	0.9812	-0.2717	-0.0030	0.1868	0.1769	0.0919	0.3211	0.8924	1.0000

Fonte: elaboração própria

Desta maneira, optou-se por manter as variáveis que apresentaram correlações menores que 0,90. As correlações acima de 0,90, entre variáveis pertencentes à mesma classificação (*inputs* ou *outputs*) estão assinaladas na Tabela 3. Assim, decidiu-se pela exclusão da variável GT (Graduados Técnicos) da análise, restando, então, oito variáveis, que corresponde ao máximo de variáveis que se pode inserir nas modelagens DEA propostas neste trabalho.

## 5. Resultados e discussões

Aplicando-se os modelos DEA-CCR orientado a *outputs*, visto que o interesse deste trabalho é analisar a eficiência mantendo os insumos constantes, a fim de orientar o aumento do número de inovações das atividades econômicas em questão, tem-se os resultados apresentados na

Tabela 4.

Observa-se média de 0,919 nas eficiências técnicas das atividades analisadas. O teste de Shapiro-Francia para normalidade da eficiência apresentou p-valor de 0,81789. Assim, considerando o efeito aleatoriedade na coleta de dados, o intervalo de confiança a 5% de nível de significância é [0,885: 0,959].

A unidade que possui menor medida de eficiência, ou seja, a que se encontra mais longe da fronteira de eficiência é a DMU 4, que apresentou 0,777 de índice de eficiência, seguida pela DMU 16 (Fabricação de Produtos de Metal) que apresentou índice de eficiência de 0,789.

Tabela 4 – Resultados da análise de Eficiência (DEA-CCR orientado a *outputs*)

DMUs	Eficiência
DMU 1	0.879
DMU 2	0.830
DMU 3	0.943
DMU 4	0.777
DMU 5	1.000*
DMU 6	0.774
DMU 7	1.000*
DMU 8	0.893
DMU 9	1.000*
DMU 10	1.000*

DMU 11	0.839
DMU 12	0.859
DMU 13	0.831
DMU 14	1.000*
DMU 15	0.909
DMU 16	0.789
DMU 17	1.000*
DMU 18	1.000*
DMU 19	1.000*
DMU 20	1.000*
DMU 21	1.000*
DMU 22	0.816
DMU 23	1.000*

Fonte: elaboração própria

Nota-se que esta modelagem apresentou 11 atividades econômicas eficientes quanto a utilização à produção de inovação dado um determinado conjunto de insumo que são apresentadas no Quadro 4.

Quadro 4 – Atividades de indústrias de transformação eficientes

<b>DMUs eficientes</b>		
. Confeção de artigos do vestuário e acessórios	. Fabricação de máquinas e equipamentos	. Fabricação de produtos de minerais não-metálicos
. Fabricação de produtos de madeira	. Fabricação de veículos automotores, reboques e carrocerias	. Fabricação de equipamentos de informática, produtos eletrônicos e ópticos
. Impressão e reprodução de gravações	. Fabricação de móveis	. Fabricação de máquinas, aparelhos e materiais elétricos
. Fabricação de coque, de produtos derivados do petróleo e de biocombustíveis	. Manutenção, reparação e instalação de máquinas e equipamentos	

Fonte: elaboração própria

A

Tabela 5 apresenta o quanto cada atividade econômica deve aumentar em sua produção de produtos e processos inovadores, inclusive percentualmente – considerando o índice de eficiência e as folgas – além dos *benchmarkings* para cada unidade ineficiente.

Tabela 5 – Alvos das variáveis *outputs* por DMU ineficiente e seus *Benchmarkings*

<b>DMUs</b>	<b>PDI (Alvo)</b>	<b>PCI (Alvo)</b>	<b>Benchmarkings</b>
DMU 1	3.056 (13,74%)	6.190 (28,93%)	DMU 9; DMU 21
DMU 2	183 (20,49%)	358 (54,83%)	DMU 17; DMU 20; DMU 21
DMU 3	13 (6,09%)	20 (11,94%)	DMU 19
DMU 4	654 (91,25%)	1.307 (28,77%)	DMU 21
DMU 6	1.031 (29,17%)	2.019 (29,17%)	DMU 19; DMU 20; DMU 21
DMU 8	586 (11,97%)	1.018 (20,88%)	DMU 17; DMU 19; DMU 21
DMU 11	1.531 (19,24%)	2.421 (28,17%)	DMU 17; DMU 19; DMU 20; DMU 21
DMU 12	197 (16,42%)	224 (30,79%)	DMU 17; DMU 19; DMU 20
DMU 13	1.541 (20,33%)	2.688 (20,33%)	DMU 18; DMU 19; DMU 21
DMU 15	457 (9,97%)	901 (16,50%)	DMU 20; DMU 21
DMU 16	2.301 (48,74%)	4.657 (26,78%)	DMU 9; DMU 21
DMU 22	217 (22,52%)	398 (48,11%)	DMU 18; DMU 19; DMU 21

Fonte: elaboração própria

Em termos percentuais, destaca-se que a unidade a DMU 2 deve aumentar a quantidade de processos inovadores em 54,93% para se tornar eficiente, enquanto que a DMU 4 deve aumentar o número de produtos inovadores em 91,25%, enquanto que a DMU 16 necessita de um aumento de 48,74% em lançamento de produtos inovadores para se tornar eficiente. Espera-se que, com o avanço de estudos em relação à eficiência de inovação, o Estado possa ter uma orientação de quais atividades econômicas necessitam de uma maior atenção para serem competitivas.

## 6. Conclusão

Este trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência técnica de indústrias de transformação quanto a processos de inovação. Foi considerado que, apesar de serem unidades de análise

distintas, o processo de inovação é semelhante em todas as atividades. Foi aplicada a técnica de Análise por Envoltória de Dados, com retornos constantes de escala e com orientação a *outputs*. Os dados foram coletados da PINTEC de 2011. Foram consideradas 7 variáveis de entrada e 2 de saída.

Os resultados mostraram que a eficiência média quanto ao processo de inovação foi de 0,919, com intervalo de confiança, a 5% de nível de significância, entre 0,885 e 0,959. Foram encontradas 11 unidades eficientes que serviram de *benchmarkings* para as não ineficientes a fim de se determinar o alvo de *outputs* para que essas DMUs se tornem eficientes. Como sugestão de próximos trabalhos, pode-se comparar, por meio de dados em painel, o desempenho das mesmas atividades entre diversos anos quanto à inovação.

## REFERÊNCIAS

BANDEIRA, D. L. Análise da Eficiência Relativa de Departamentos Acadêmicos – o Caso da UFRGS. 2000. 147 f. Dissertação (Mestrado em Administração). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2000.

DE BES, F.; KOTLER, P. A Bíblia da Inovação: Princípios fundamentais para levar a cultura da inovação contínua às organizações. São Paulo: Leya. 2011.

DIAZ-BALTEIRO, L., HERRUZO, A. C., Martinez, M., & González-Pachón, J An analysis of productive efficiency and innovation activity using DEA: An application to Spain's wood-based industry. *Forest Policy and Economics*, 8(7), 762-773, 2006.

FARRELL, M. J. The measurement of productive efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)*, v. 120, n. 3, p. 253-290, 1957.

FERREIRA, C. M. C.; GOMES, A. P. Introdução à análise envoltória de dados: teoria, modelos e aplicações. UFV, 2009.

GIBBONS, J. D.; CHAKRABORTI, S. Nonparametric statistical inference. In: *International encyclopedia of statistical science*. Springer Berlin Heidelberg, 2011. p. 977-979.

HAAS, D. A., MURPHY, F. H. Compensating for nonhomogeneity in decision-making units in data envelopment analysis. *European Journal of Operational Research*, 144, 530–544. 2003.

HSU, F. M.; HSUEH, C.C.; Measuring relative efficiency of government-sponsored R&D projects: A three-stage approach. *Evaluation and Program Planning*, 32, 178-186, 2009.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. PINTEC - Pesquisa de Inovação. [online] Disponível em: < <https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/multidominio/ciencia-tecnologia-e-inovacao/9141-pesquisa-de-inovacao.html?edicao=17121&t=series-historicas>>. Acesso em: 14 abril 2018.

KARKAZIS, J.; THANASSOULIS, E. Assessing the effectiveness of regional development policies in Northern Greece using data envelopment analysis. *Socio-Economic Planning Sciences*, v. 32, n. 2, p. 123-137, 1998.

KIRZNER, I. *Competição e atividade empresarial*. Tradução de Ana Maria Sarda. Rio de Janeiro: Instituto Liberal, 1986.

MAS-COLELL, A.; WHINSTON, M. D.; GREEN, J. R. *Microeconomic theory*. New York: Oxford university press, 1995

MENDES, C. S.; LOPES, L. S.; GOMES, A. P. Eficiência dos dispêndios em inovação nas indústrias de transformação do Brasil. *Revista Brasileira de Inovação*, 11(1), 193-218, 2012.

MITTELSTAEDT, R. E. Benchmarking: how to learn from best-in-class practices. *National Productivity Review*. v. 11, n. 3, p. 301-315, 1992.

MUKAKA, M. M. A guide to appropriate use of correlation coefficient in medical research. *Malawi Medical Journal*, v. 24, n. 3, p. 69-71, 2012.

PARSONS, L. J. Productivity versus relative efficiency in marketing: past and future?. In: Research traditions in marketing. Springer Netherlands, 1994. p. 169-200.

PINDYCK, R. S.; RUBINFELD, D. L. Microeconomia. 5ª edição. São Paulo, 2002.

ROTHBARD, M. N. Man, Economy, and State with Power and Market. 2. ed. Auburn: Ludwig von Mises Institute, Scholar's Edition, 2009

SCHUMPETER, J. A. Capitalismo, Socialismo e Democracia. Editado por George Allen e UnwinLtd.. Tradução de Ruy Jungmann. Rio de Janeiro: Editora Fundo de Cultura S.A., 1961.

TEITEL, S..P. R&D expenditures, country size, and per-capita income: an international comparison. Scientometrics, v. 29, n. 1, p. 137-159, 1994.

THANASSOULIS, E. Introduction to the theory and application of data envelopment analysis. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2001.

WANG, E C.; HUANG, W. Relative efficiency of R&D activities: A cross-country study accounting for environmental factors in the DEA approach. Research Policy, v. 36, n. 2, p. 260-273, 2007.

ZAWISLAK, P. A. Apresentação à Edição Brasileira (Gestão da Inovação). In: TIDD, Joe; BESSANT, J; PAVITT, K. Gestão da Inovação. 3a ed. – Porto Alegre: Bookman, 2008.

# Capítulo 3

## ANÁLISE DOS CUSTOS DE FABRICAÇÃO DE TRUFAS ARTESANAIS: UM ESTUDO DE CASO

Andressa Raquel Weber  
Felipe Eduardo Fernandes  
Catia Raquel Felden Bartz

# ANÁLISE DOS CUSTOS DE FABRICAÇÃO DE TRUFAS ARTESANAIS: UM ESTUDO DE CASO

Andressa Raquel Weber  
Felipe Eduardo Fernandes  
Catia Raquel Felden Bartz

## Resumo

A fim de manter a competitividade no mercado, a análise de custos é um elemento fundamental, uma vez que garante controle e desenvolvimento das operações da empresa. Diante da importância do assunto, foram analisados os custos para fabricação de trufas artesanais em uma microempresa familiar localizada no noroeste do estado do Rio Grande do Sul, a fim de identificar os gastos e lucro da empresa. Quanto a metodologia empregada, o estudo possui caráter descritivo, explicativo e aplicado, uma vez que conta com estudo teórico seguido de aplicação prática. Com relação a coleta de dados, foram utilizadas técnicas de observação e entrevistas informais, a fim de conhecer o detalhamento do produto, bem como os custos do mesmo. Para a análise dos dados foi empregada a técnica de análise de conteúdo, descrevendo todos os resultados de forma objetiva. Como resultados apresenta-se os custos fixos para fabricação de trufas artesanais, custo individual de cada sabor de trufas, lucratividade, ponto de equilíbrio contábil e *markup*.

**Palavras-chave:** custos industriais. ponto de equilíbrio. trufas artesanais.

## 1. Introdução

Os custos industriais fazem parte das rotinas administrativas das empresas, uma vez que estes estão diretamente ligados à produção da empresa. Ter uma estratégia de custos nos faz pensar no melhor aproveitamento de recursos, bem como na redução dos mesmos visando aumentar a rentabilidade e diminuir os desperdícios do negócio (EYERKAUFER *et al.*, 2013).

Compradores e vendedores são atraídos por produtos de qualidade com preços baixos, por isso, a gestão de custos garante maior competitividade no mercado. Sempre que a empresa conseguir diminuir seu custo de fabricação, estará certamente se tornando mais competitivo,

vendendo mais e conseqüentemente aumentando sua lucratividade (ZANLUCA, 2011).

O presente estudo será realizado em uma indústria familiar de trufas artesanais, localizada na cidade de Santa Rosa (RS). A fábrica comercializa trufas de diversos sabores, embaladas individualmente. Seu produto de maior venda é a trufa com sabor de morango, a qual é comercializada em média 4.200 (quatro mil e duzentos) unidades por ano. Os gastos com a produção das trufas artesanais são desconhecidos, não tendo um controle dos custos empregados, desta forma propõe-se realizar uma análise dos custos, fixos e variáveis, a fim de identificar a lucratividade do negócio.

O trabalho será denotado da seguinte forma: Introdução na primeira seção (atual), seguido de referencial teórico na segunda seção, metodologia na terceira seção, análise e discussão de resultados na quarta seção e, finalizando, com considerações finais na quinta seção.

## **2. Referencial teórico**

A seguir, serão abordados estudos fundamentados em custos industriais de fabricação, abordando custos fixos, custos variáveis, ponto de equilíbrio e lucratividade.

### **2.1. Custos industriais**

Os custos de fabricação se referem aos custos totais da produção de algum item. Para que possam ser calculados, são analisados três elementos chave, sendo estes a matéria prima (MP), mão de obra direta (MOD) e os custos indiretos de fabricação (CIF). O custo de fabricação é diferente dos gastos de uma empresa. Custo de fabricação é tudo aquilo que a empresa utiliza para fazer o produto, enquanto os gastos fazem referência a tudo que é comprado, ou seja, também contabiliza as sobras (BORNIA, 2002).

Segundo Avila (2012), é de suma importância entender sobre os custos da empresa, sabendo da viabilidade do negócio através da medição de desempenho, podendo assim elaborar um preço de venda que atenda a suas necessidades. Através do conhecimento da empresa e do marketing, a empresa atua com estratégias de preços no mercado, tornando o seu produto mais competitivo.

Kuhn et al. (2011), gerenciar os custos tem como objetivos o auxílio no planejamento e a possibilidade de medir o desempenho da organização, por meio do conhecimento dos custos

unitários de cada produto, os quais são obtidos por meio da análise de contabilidade de custos. Diante da competitividade empresarial, a análise dos custos auxilia a tomada de decisões relacionadas ao ambiente externo.

### **2.1.1. Custos fixos**

Os custos fixos não sofrem alterações diante da mudança de quantidades a serem produzidas. Pode-se citar como exemplo de custos fixos o aluguel, segurança, depreciação, taxa de água e luz (ALVES E FIORIO, 2014).

Diferente do custo fixo total, o custo fixo unitário sempre tem relação direta com a quantidade que está sendo produzida. Conforme em que aumenta o volume de produção, os custos fixos unitários diminuem, pois o custo fixo será dissolvido entre mais produtos (BRUNI, 2010).

Para Schier (2005) os custos fixos são todos aqueles custos que são permanecem na fábrica independentemente da quantidade produzida, sazonalidade do produto ou qualquer outra variável que envolve a fonte geradora de renda, nos custos fixos podem ser incluídos os salários, aluguéis, seguro depreciação de máquinas e equipamentos.

### **2.1.2. Custos variáveis**

São definidos como custos variáveis todos aqueles que dependem da quantidade que é produzida. Ao decair ou aumentar a produção de uma empresa, os custos variáveis sofrem ajuste proporcional (ZANLUCA, 2011).

Segundo Bornia (2010) a empresa toma suas decisões conforme a quantidade que deverá ser produzida, pois apenas os custos variáveis têm relação com a quantidade, diferente dos custos fixos, que não tem relação com as quantidades. Através disso, a empresa sabe quanto deve produzir de cada produto para que possa extrair o máximo de lucro possível.

Como exemplo de custos variáveis, podemos citar a matéria prima e embalagens, pois são utilizadas conforme a produção. As despesas também podem ser classificadas como variáveis, tendo como exemplo, a comissão de vendas (BRUNI, 2010).

Para Schier (2005) custos variáveis são todos os custos que estão ligados diretamente a produção, eles variam de acordo com a capacidade produzida e diferente dos custos fixos acompanham a sazonalidade do mercado, os custos variáveis podem ser compostos sobre os

impostos das vendas, fornecedores, matéria prima.

## **2.2. Ponto de equilíbrio**

Conforme Bornia (2010), o ponto de equilíbrio é o nível de vendas onde o lucro é nulo, ou seja, quando a empresa consegue pagar com a margem de contribuição a totalidade dos seus custos fixos e variáveis. O ponto de equilíbrio é uma forma de gerenciar as quantidades a serem produzidas.

Segundo Couto (2011), o ponto de equilíbrio ocorre quando as Receitas Totais englobam seus Custos e Despesas Totais, assim, representa o faturamento que a empresa deve atingir para que não venha a ter prejuízo, mas que, neste ponto também ainda não estará tendo lucro. É representado pelo volume de vendas suficiente para cobrir todos os custos no qual o lucro é nulo, ou seja, não há lucro e nem prejuízo.

O ponto de equilíbrio contábil, utilizado no presente estudo de caso, define a quantidade mínima a ser vendida para que todos os custos (fixos e variáveis) sejam pagos. Diante disso, a empresa passa a ter lucro, apenas a partir do ponto de equilíbrio. Caso a empresa venda apenas a quantidade de equilíbrio, não haverá lucro. Através do cálculo do ponto de equilíbrio, se torna possível analisar a quantidade que deve ser vendida para receber um determinado salário e ainda pagar todas as despesas (PORTAL EDUCAÇÃO, 2015).

Para realizar o cálculo do ponto de equilíbrio contábil, divide-se os custos fixos pela margem de contribuição, sendo esta os custos variáveis subtraídos do preço de venda (JORNAL CONTÁBIL, 2016).

## **2.3. Lucratividade**

Para Silva (2008), o índice de lucratividade é a comparação entre o lucro líquido e às vendas em determinado período, resultando no lucro que a empresa obtém com relação ao faturamento.

Para Correa e Caon (2012) a lucratividade é quando as empresas conseguem aliar os lucros que obtém através da venda dos produtos ou serviços de qualidade juntamente com o preço aliado ao custo deste produto ou serviço tendo em mente um planejamento de quanto a empresa almeja alcançar em um curto, médio e longo prazo.

### **3. Metodologia**

O presente estudo foi realizado em uma empresa familiar que produz trufas artesanais de diversos sabores, localizada no noroeste do estado do Rio Grande do Sul, com a finalidade de conhecer os custos de produção, ponto de equilíbrio, lucratividade e markup.

Vergara (2011) fraciona a metodologia com base nos fins e nos meios.

Quanto aos fins, a pesquisa possui natureza:

- Descritiva, pois conta com embasamento teórico apresentado inicialmente, seguido da análise de resultados apresentados os resultados que atendem aos objetivos.
- Explicativa, por visar deixar evidente todos os cálculos e apresentar suas interpretações.
- Aplicada, porque tem como base um estudo teórico seguido de estudo prático.

Quanto aos meios, a pesquisa possui caráter:

- Bibliográfico por contar com embasamento teórico com base em materiais disponíveis ao público em geral, como livros, revistas, jornais e redes eletrônicas.
- Estudo de caso por contar com profundidade e detalhamento, possuindo dados particulares de uma empresa, não podendo ser empregado a outras.

Para a coleta de dados do presente estudo, foram utilizadas as técnicas de observação exploratória, onde, conforme Gil (2017) o pesquisador permanece ligado a situação estudada, observando todas as situações. O pesquisador é aproximado do fenômeno que está estudando. Para isso foi acompanhado o processo e entrevistados os responsáveis pela produção.

A análise de dados ocorreu por meio da análise de conteúdo, que segundo Gil (2017) refere-se a textos escritos ou transcritos, com objetivo de descrever o conteúdo de forma objetiva, sistemática e qualitativa. As análises conclusivas dos dados, se deu com embasamento nos conceitos bibliográficos, apresentados no referencial teórico do artigo.

### **4. Análise e discussão de resultados**

O presente estudo buscou analisar os custos industriais na fabricação de trufas artesanais em uma microempresa, na região noroeste do estado do Rio Grande do Sul. Essa fábrica produz

por mês 4.200 unidades de trufas, comercializadas em diferentes pontos.

Atualmente a fábrica vende as trufas a um preço de R\$2,50 cada unidade. Anteriormente a este estudo, a empresa desconhecia os gastos de produção, e para tanto, inicialmente foi preciso calcular os custos fixos e variáveis para da produção. O Quadro 1 apresenta os custos fixos referentes a produção das trufas. As trufas são produzidas aos finais de semana em uma cozinha residencial, pelo período de 5 horas.

Quadro 1 - Custo fixo para a fabricação de trufas artesanais

CATEGORIA DO CUSTO	CUSTO FIXO MENSAL TOTAL	CUSTO FIXO PARA 20 HORAS
Energia elétrica	R\$ 15,00	R\$ 0,41
Água	R\$ 15,00	R\$ 0,41
Aluguel	R\$ 180,00	R\$ 5,00
Gasolina	R\$ 8,00	R\$ 1,00
Internet	R\$ 10,00	R\$ 1,20
Depreciação	R\$ 450,00	R\$ 62,40
Transporte	R\$ 50,00	R\$ 1,38
<b>Custo fixo total/ mês</b>	<b>R\$ 728,00</b>	<b>R\$ 71,80</b>

Fonte: Autores (2017)

O Quadro 1 demonstra o custo fixo total para a produção das trufas. Foi considerada a energia elétrica, água, aluguel, gasolina, internet, depreciação e transporte para vendas em outras cidades. O valor da depreciação é 10 % do investimento, considerando que são utilizados um fogão, geladeira e panelas para a produção destas.

São gastos 71,8 reais por mês em despesas com custos fixos, tendo em vista a produção mensal de 350 trufas e 20 horas de trabalho mensais. Para obter o custo fixo unitário, é necessário dividir o custo fixo total das horas trabalhadas por mês (20 horas) pela quantidade de trufas produzidas (350 unidades) totalizando assim o valor de R\$0,20 por trufa.

Com o custo fixo calculado determinou-se o custo variável das trufas. Neste estudo foram considerados quatro diferentes tipos de trufa (morango, brigadeiro, beijinho e amendoim), sendo calculado o custo variável de cada grupo de trufas. A escolha dos sabores se deu por serem os sabores com maior quantidade de vendas.

Os quadros a seguir apresentam os custos variáveis referentes à matéria-prima de cada trufa, juntamente com o custo fixo e valor de embalagem para cada uma, totalizando assim o custo unitário.

Quadro 2 - Custo para fabricação de uma trufa de morango

<b>CUSTO</b>	<b>QUANTIDADE</b>	<b>VALOR</b>
Chocolate	17,54 gramas	R\$ 0,32
Leite condensado	23,33 gramas	R\$ 0,20
Manteiga	1,66 gramas	R\$ 0,02
Morango	1 unidade	R\$ 0,26
Embalagem	1 unidade	R\$ 0,07
Custo fixo	1 unidade	R\$ 0,20
<b>TOTAL</b>		<b>R\$ 1,07</b>

Fonte: Autores (2017)

Quadro 3 - Custo para fabricação de uma trufa de brigadeiro

<b>MATÉRIA PRIMA</b>	<b>QUANTIDADE</b>	<b>VALOR</b>
Chocolate	17,54 gramas	R\$ 0,32
Leite condensado	35 gramas	R\$ 0,30
Manteiga	1,66 gramas	R\$ 0,02
Chocolate em pó	8 gramas	R\$ 0,10
Granulado de chocolate	0,2 gramas	R\$ 0,01
Embalagem	1 unidade	R\$ 0,07
Custo fixo	1 unidade	R\$ 0,20
<b>TOTAL</b>		<b>R\$ 1,01</b>

Fonte: Autores (2017)

Quadro 4 - Custo para fabricação de uma trufa de beijinho

<b>MATÉRIA PRIMA</b>	<b>QUANTIDADE</b>	<b>VALOR</b>
Chocolate	17,57 gramas	R\$ 0,32
Leite condensado	30,43 gramas	R\$ 0,26
Manteiga	1,66 gramas	R\$ 0,02
Coco	8,69 gramas	R\$ 0,14
Embalagem	1 unidade	R\$ 0,07
Custo fixo	1 unidade	R\$ 0,20
<b>TOTAL</b>		<b>R\$ 1,01</b>

Fonte: Autores (2017)

Quadro 5 - Custo para fabricação de uma trufa de amendoim

MATÉRIA PRIMA	QUANTIDADE	VALOR
Chocolate	17,57 gramas	R\$ 0,32
Leite condensado	23,33 gramas	R\$ 0,20
Manteiga	1,66 gramas	R\$ 0,02
Amendoim	16,66 gramas	R\$ 0,23
Embalagem	1 unidade	R\$ 0,07
Custo fixo	1 unidade	R\$ 0,20
<b>TOTAL</b>		R\$ 1,04

Fonte: Autores (2017)

A partir dos custos de fabricação de cada tipo de trufa, pode-se calcular a lucratividade de cada grupo de trufas. O Quadro 6 apresenta a lucratividade de cada sabor de trufas, para que os empresários possam criar estratégias de crescimento de capital de giro.

Quadro 6 - Lucratividade de cada sabor de trufas.

TRUFA	CUSTO TOTAL	PREÇO DE VENDA	QUANTIDADE VENDIDA	LUCRATIVIDADE
Morango	R\$ 1,07	R\$ 2,50	120 unidades	R\$ 171,60
Brigadeiro	R\$ 1,01	R\$ 2,50	80 unidades	R\$ 119,20
Beijinho	R\$ 1,01	R\$ 2,50	90 unidades	R\$ 134,10
Amendoim	R\$ 1,04	R\$ 2,50	60 unidades	R\$ 87,60

Fonte: Autores (2017)

As análises dos resultados demonstram que a trufa que oferece maior rentabilidade é a trufa de morango. Através do cálculo de rentabilidade de cada trufa, como mostra o Quadro 6, pode-se analisar, que o lucro total obtido em um mês com a fabricação de trufas artesanais é de R\$512,50. Com isso, foi possível concluir que a fabricação de trufas artesanais é rentável e que não traz prejuízos para os microempreendedores.

Com base nos dados calculou-se o ponto de equilíbrio contábil da microempresa.

**Ponto de equilíbrio contábil = Custo fixo / Margem de contribuição**

Ponto contábil = 71,8 / 1,63

Ponto contábil = 43,94 unidades

Através do cálculo apresentado, pode-se evidenciar que ao vender 44 unidades, o empresário passa a ter lucro, sendo este o ponto de equilíbrio contábil da microempresa. Conforme evidenciado no referencial teórico, percebe-se que vendendo 44 unidades de trufas, o lucro da empresa ainda é zero, porém o que for vendido além do ponto de equilíbrio, apresenta uma margem de lucro superior, já que acima do ponto de equilíbrio considera-se como custo, apenas os desembolsos variáveis.

A partir dos dados coletados e cálculos realizados, foi possível estimar o preço de venda das trufas segundo o índice Markup. O Markup é um índice aplicado sobre o custo do produto, para que seja possível formar o preço de venda sem erros ou perdas.

$$\text{Markup} = \text{CT} / (1 - \text{CV})$$

$$\text{Markup} = 1,07 / (1 - 0,4)$$

$$\text{Markup} = 1,78$$

As trufas de morango, apresentaram uma margem de lucro de 40%, e o markup encontrado foi de 1,78. Para se obter o preço de venda, basta multiplicar o valor que representa o custo unitário da trufa pelo índice encontrado, ou seja: Preço de Venda = R\$ 1,07 x 1,78 = R\$ 1,90. Com este valor encontrado é possível garantir que o preço das trufas vai cobrir todos os gastos e gerar lucro. Este exemplo de cálculo poderá ser aplicado para os outros sabores de trufas, evitando que os empreendedores tenham prejuízo, garantindo assim uma lucratividade para o negócio.

## 5. Considerações finais

A gestão de custos é de extrema importância, independentemente do tamanho do empreendimento, pois a concorrência no segmento alimentício é grande, sendo necessário produzir um produto de qualidade, preço competitivo e lucrativo para a empresa. Conhecendo os custos de produção, a organização conhece a sua lucratividade, seu fluxo de caixa, podendo gerir melhor seus investimentos e tomar decisões mais assertivas. O mercado exige cada vez maior versatilidade das empresas, tanto na redução dos custos, quanto em suas estratégias perante a concorrência.

A partir desse estudo foi possível verificar que a análise de custo é de extrema importância

para as empresas, pois mostra qual é a melhor opção de investimento, visando o maior lucro. Outro fator importante é o ponto de equilíbrio que nos indica a partir de qual quantidade de vendas a empresa vai cobrir todos seus custos fixos. Pode-se concluir através desta pesquisa, que a produção de trufas é rentável, pois o lucro é de R\$512,50 mensais, havendo possibilidade de expansão da microempresa. Deve-se considerar nestes resultados, que este valor de lucro é um valor de incremento na renda familiar, e que os empreendedores pretendem investir no negócio com os recursos oriundos da lucratividade obtida.

Esse estudo foi de extrema importância para o entendimento da análise de custos industriais, atingindo todos os objetivos esperados. A informação gerada pela análise do ponto de equilíbrio é fundamental para o sucesso e a lucratividade das empresas. Para estudos futuros, recomenda-se a análise de aumento da capacidade de produção da empresa, e a realização de um estudo de desenvolvimento de marca própria.

## **REFERÊNCIAS**

ALVES, F.; FIORIO, V. O que são custos fixos e variáveis de produção? INDÚSTRIA HOJE, 2014. Disponível em: <<https://www.industriahoje.com.br/o-que-sao-custos-fixos-e-variaveis-de-producao>>. Acesso em: 20 Novembro 2017.

AVILA, A. V. Custos Industriais e Precificação. 2012. Disponível em: <[http://pet.ecv.ufsc.br/site/downloads/custos\\_industriais.pdf](http://pet.ecv.ufsc.br/site/downloads/custos_industriais.pdf)>. Acesso em: 03 dez. 2017.

BORNIA, A. C. Análise Gerencial de Custos – Aplicação em Empresas Modernas. Porto Alegre: Editora Bookmann, 2002.

BORNIA, A. C. Análise gerencial de custos. 3ª Edição. São Paulo: Atlas, 2010.

BRUNI, A. L. A administração de custos, preços e lucros. 4ª Edição. São Paulo: Atlas, 2010.

Corrêa, H. L.; CAON, M. Gestão de serviços : lucratividade por meio de operações e de satisfação dos clientes. 1. ed. São Paulo: Atlas, 2012.

COUTO, S. F. A estratégia do ponto de equilíbrio para as empresas que anunciam em sites de compras coletivas. 2011. Disponível em:

<<http://www.cpgls.ucg.br/6mostra/artigos/SOCIAIS%20APLICADAS/SIRLEY%20FERNANDES%20COUTO.pdf>>. Acesso em: 03 dez. 2017.

JORNAL CONTÁBIL. O que é e como calcular ponto de equilíbrio financeiro, econômico e contábil. Rede Jornal Contábil, 2016. Disponível em: <<http://www.jornalcontabil.com.br/o-que-e-ecomo-calcular-ponto-de-equilibrio-financeiro-economico-e-contabil/>>. Acesso em: 24 nov.2017.

KUNH, P.D.; FRANCISCO, A.C.; KOVALESKI,J.L. Aplicação e utilização do método unidade de esforço de produção (UEP) para análise gerencial e como ferramenta para o aumento da competitividade. Revista Produção Online. v.11, n. 3, p. 688- 706, jul./set., 2011.

GIL, A. C. Métodos e Técnicas de pesquisa social. 5ª Edição. São Paulo: Atlas, 1999.

PORTAL EDUCAÇÃO. Ponto de equilíbrio Contábil, Financeiro e Econômico. Portal Educação, 2015. Disponível em:

<<https://www.portaleducacao.com.br/conteudo/artigos/educacao/ponto-deequilibrio-contabil-financeiro-e-economico/65008>>. Acesso em: 22 nov. 2017.

SCHIER, C. U. C. Custos Industriais. Curitiba: Ibpe, 2005.

SILVA, José Pereira da. Análise Financeira das Empresas. 9. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

VERGARA, S. C. Projetos e relatórios de pesquisa em Administração. 13. Ed. São Paulo: Atlas, 2011.

ZANLUCA, J. S. Custos Fixos e Variáveis. Disponível em:

<http://www.portaldecontabilidade.com.br/tematicas/custo-fixo-variavel.htm>. Acesso em: 03 dez. 2017.

# Capítulo 4

## APLICAÇÃO DO SISTEMA DE TROCA RÁPIDA DE FERRAMENTAS NO SETOR CNC DE UMA INDÚSTRIA DE MOLDES PARA CALÇADOS

Rodrigo Borges Ribeiro

José de Souza

Alexandre Beluco

Luciano Volcanoglo Biehl

Jorge Luiz Braz Medeiros

Frederico Sporket

Elton Gimenez Rossini

Fábio Augusto Dornelles do Amaral

# APLICAÇÃO DO SISTEMA DE TROCA RÁPIDA DE FERRAMENTAS NO SETOR CNC DE UMA INDÚSTRIA DE MOLDES PARA CALÇADOS

Rodrigo Borges Ribeiro

José de Souza

Alexandre Beluco

Luciano Volcanoglo Biehl

Jorge Luiz Braz Medeiros

Frederico Sporket

Elton Gimenez Rossini

Fábio Augusto Dornelles do Amaral

## Resumo

Este trabalho apresenta a aplicação do sistema de troca rápida de ferramentas, (TRF), bem como os resultados obtidos nas operações de *setup* no setor *CNC* de uma indústria de moldes para calçados, relacionando a situação anterior e posterior às mudanças do ambiente, através de um comparativo entre ambos. Ao aplicar as técnicas do sistema de troca rápida de ferramentas, os ganhos obtidos pelo setor foram a redução do tempo de *setup* em 60%, com tempo médio de *setup* ficando em aproximadamente sete minutos, e o aumento da capacidade produtiva do setor em aproximadamente 3%. Além disso, houve padronização de processos por parte dos operadores, mediante a redução da incidência de erros sobre as peças usinadas. A aplicação da metodologia TRF contribuiu, através do treinamento dos operadores, para que esses encarregados pudessem sugerir melhorias no processo produtivo. Dentre os benefícios apresentados destacam-se a redução do tempo de troca de material, a redução do tempo gasto com ajuste fino, menor probabilidade de erros durante as mudanças, a melhoria na qualidade dos produtos, maior confiabilidade por parte dos operadores, a redução de estoques intermediários, a flexibilização do sistema produtivo, entre outros.

**Palavras-chave:** troca rápida de ferramentas (*trf*), *setup*, flexibilização do sistema produtivo.

## 1. Introdução

A redução do tempo de *setup* pode ser obtida através da aplicação do sistema de troca rápida de ferramentas (TRF), que é um conceito no qual o tempo de preparação da máquina é reduzido. Com o sistema de troca rápida de ferramentas, uma nova maneira de repensar a produção é desenvolvida, quebrando antigos paradigmas de que tempos de *setup* jamais poderiam ser reduzidos, o que justificava a produção de grandes lotes (SHINGO, 2000).

A Troca Rápida de Ferramentas cria condições à sua implantação que trazem bons resultados em pouco tempo e, com custo de implantação baixo (HARMON e PETERSON, 1991). Para Elias, Neto e Dyna (2008) a redução do tempo de troca de ferramentas faz com que a empresa fique mais competitiva no mercado, devido ao maior ganho em agilidade, flexibilidade e rápida resposta às variações no mercado, atingindo determinados nichos de mercado.

## 2. Referencial teórico

Para Ferradás e Salonitis (2013), o sistema *SMED* trata-se de uma proposta de melhoria em redução de tempo de *setup* com foco em mudanças contínuas e de baixo custo. O sistema *SMED* difundiu-se ao redor do mundo juntamente com a evolução do Sistema Toyota de Produção. Assaf e Haddad (2014) definem o sistema *SMED* como sendo uma metodologia utilizada para análise e redução nos tempos de preparação de máquinas e equipamentos. Mohamad e Ito (2012) destacam que o principal objetivo do sistema *SMED* é converter todas as operações de *setup* internas possíveis para *setup* externo. Isso faz com que as máquinas permaneçam mais tempo em funcionamento, possibilitando um aumento na capacidade produtiva sem necessidade de investimento em novos equipamentos ou aumento da linha de produção.

Para a implantação do sistema *SMED*, faz-se necessário uma análise detalhada da operação de *setup*. O sistema *SMED* pode trazer inúmeros benefícios para a empresa, dentre os quais se destacam a redução de estoques intermediários, redução do tamanho do lote de produção, redução de movimentos desnecessários e melhorias na qualidade final do produto e flexibilização dos sistemas de produção (COSTA *et al*, 2013).

Trietsch (1992) destaca que a criação do sistema *SMED* por Shingo deu-se inicialmente para ambientes com produção repetitiva, em grandes lotes, onde se possibilitou a produção de lotes menores. Antes do desenvolvimento da metodologia TRF, trabalhava-se com o conceito de

que grandes lotes de produção absorviam grandes tempos de *setup*, sendo que o mesmo era diluído na quantidade de peças produzidas (MOREIRA e PAIS, 2011).

Moreira e Pais (2011) destacam as desvantagens numa produção em larga escala: (i) a necessidade de clientes com maior demanda produtiva, (ii) prazos maiores, (iii) custo maiores com inventário, paletes, empilhadeiras, (iv) problemas com qualidade, (v) perda de dinheiro com amortização de inventário, (vi) maior número de trabalhadores vinculados às atividades de transporte e inventário e (vii) devoluções frequentes devido a maior quantidade de prováveis defeitos.

Segundo Shingo (2000), o sistema *SMED* traz dois benefícios principais que são o aumento da capacidade produtiva e a flexibilização de equipamentos. Esses benefícios permitem que as organizações trabalhem com tamanhos de lotes de produção menores, criando um fluxo de materiais melhor, através da eliminação do tempo de espera.

Ferradás e Salonitis (2013) destacam que um dos problemas do sistema *SMED* está no fato de que ele analisa os tempos de *setup* realizados por um único operador em um único equipamento. Esse método não gera uma constância quando aplicado, tendo em vista as diferenças existentes entre os diversos operadores, sejam elas físicas ou técnicas.

O sistema TRF possibilita a redução dos tempos de preparação de equipamentos, possibilitando uma produção mais econômica e, em pequenos lotes. Sua utilização possibilita também a redução de tempos de atravessamento (*lead times*), tornando a empresa mais competitiva no mercado de trabalho. Outro fator importante no Sistema TRF é a capacidade de produção econômica de pequenos lotes de fabricação sem a necessidade de alto investimento no processo produtivo que, por sua vez, não agrega valor ao produto final. (SHINGO, 2000). Para Ani e Shafei (2013), a produção em grandes lotes visava à obtenção do menor tempo possível, em porcentagem, em ociosidade de máquina por unidade produzida.

Reduzindo o custo unitário de preparação, através do sistema TRF, o tempo em operação do equipamento aumenta e, conseqüentemente, diminui a incidência de erros na regulagem dos mesmos (HARMON e PETERSON, 1991).

Garcia, Lacerda e Benício (2001) ressaltam que para termos um sistema mais enxuto e produtivo, é necessário que as movimentações de materiais através de operações sejam mais ágeis.

A redução do *lead time* propicia menores custos de operação, agregando benefícios ao consumidor. Como resultado, a complexidade dos *setups* e os custos da manufatura são

reduzidos, o que pode ser considerado um investimento na satisfação do consumidor (SLACK, 1993). O tempo necessário para preparar os operadores e os equipamentos para a fabricação de outro produto que pertencente ao mix global de produção é chamado de *setup* (NEUMANN e RIBEIRO, 2004).

O sistema TRF é essencial para a estratégia competitiva da empresa em relação aos clientes, sejam eles internos ou externos. Para atingir uma produção *Just in Time*, o *lead time* deve ser cada vez menor e, para tal, deve ocorrer a redução de estoques intermediários, a produção deve ser sincronizada e a empresa deve ter a capacidade de produzir pequenos lotes de produção. Para que ocorra essa redução de tamanho dos lotes, sem que ocorra muita perda com ociosidade, o *setup* deve ser reduzido que, por sua vez, depende diretamente da implantação de um sistema TRF (FAGUNDES, 2002).

Dentro do sistema TRF existem dois tipos de operações padrão que são *setup* interno e *setup* externo. O *setup* interno caracteriza-se pelas operações que podem ser executadas enquanto a máquina estiver parada, e o *setup* externo caracteriza-se pelas operações que podem ser realizadas enquanto a máquina estiver funcionando (SHINGO, 2000).

Uma maneira de melhorar o tempo de *setup* de máquinas é converter *setup* interno em *setup* externo. Para Shingo (1996), qualquer *setup* de máquinas pode ser feito em menos de 10 minutos, o que caracteriza o sistema *SMED*.

O tempo de *setup* compreende quatro funções: (i) preparação da matéria prima, dispositivos de montagem, acessórios, etc – 30%; (ii) fixação e remoção de matrizes e ferramentas – 5%; (iii) centragem e determinação das dimensões das ferramentas – 15% e (iv) processamentos iniciais e ajustes – 50% (SHINGO, 2000).

No entender de Shingo (2000), o sistema TRF possui oito técnicas principais de redução do tempo de *setup*: (i) separação das operações de *setup* internas e externas – técnica que visa identificar claramente as funções que são feitas enquanto a máquina estiver parada - *setup* interno – e quando a máquina estiver em funcionamento - *setup* externo; (ii) converter *setup* interno em *setup* externo – sem essa técnica, dificilmente se atinge a redução do tempo total de *setup* inferior a 10 minutos; (iii) padronizar a função, não a forma – essa técnica baseia-se no conceito de que não se padroniza apenas tamanhos de moldes ou produtos e sim, na padronização da função. A princípio, ao padronizar-se tamanho de moldes ou produtos, tem-se ganhos locais de *setup*, porém, em modelos menores, existe uma perda considerável de material, o que agrega custo no sistema produtivo; (iv) utilizar grampos funcionais ou eliminar grampos – analisar a possibilidade de substituir parafusos por outros sistemas de

fixação, uma vez que a utilização do mesmo aumenta o tempo de *setup*. Se essa substituição não for possível, analisar a possibilidade de reduzir o comprimento dos mesmos; (v) usar dispositivos intermediários – essa técnica permite, através da utilização de gabaritos padrão, a redução do tempo de *setup* interno; (vi) adotar operações paralelas – técnica que permite, por exemplo, o *setup* de matrizes e de ferramentas simultaneamente; (vii) eliminar ajustes – ajustes e testes piloto são responsáveis por 50 a 70% do tempo de *setup* interno. Ao eliminá-los, têm-se uma redução drástica nos tempos de *setup* e (viii) mecanização – técnica que permite a fixação ou remoção de matrizes e produtos com apenas um toque no dispositivo.

As vantagens da implantação do sistema TRF são: rapidez e facilidade nas operações de *setup* e troca de produtos, redução nos custos, aumento na capacidade produtiva, aumento na taxa de utilização de máquinas e equipamentos, redução de tempos de ociosidade, facilidade na produção de mix variado de produtos em espaço de tempo reduzido, flexibilidade na alteração de produtos, redução dos lotes de produção, diminuição do tempo de resposta, redução de estoques intermediários, redução do tempo de atravessamento, aumento de ganho em qualidade, redução de custos pela eliminação de retrabalho e desperdícios de materiais, entre outros (NEUMANN e RIBEIRO, 2004 *apud* SHINGO, 2000).

Shingo (2000), ao discorrer sobre os principais benefícios da implantação da metodologia TRF, diz que podem ser divididos em diretos e indiretos. Os benefícios diretos são: (i) redução do tempo de troca de material, (ii) redução do tempo gasto com ajuste fino, (iii) menor probabilidade de erros durante as mudanças, (iv) melhoria na qualidade dos produtos e (v) maior segurança por parte dos operadores. Os benefícios indiretos são: (i) redução de estoques, (ii) flexibilização do sistema produtivo e (iii) racionalização de ferramentas.

Ferradás e Salonitis (2013) consideram que a metodologia de aplicação do sistema *SMED* criada por Shingo é focada principalmente na melhoria de processos, onde se preocupa em mudar o conceito de como as pessoas trabalham, esquecendo muitas vezes das melhorias em projetos de equipamentos e/ou dispositivos intermediários. Se esse for o foco da metodologia de implantação, os resultados podem ser insignificantes.

### **3. Materiais e métodos**

O local onde foi realizado o estudo de caso é o setor de fresagem *CNC* da Matrizaria, que trabalha com usinagem de precisão de moldes e componentes para moldes. O *setup* analisado foi justamente nas máquinas *CNC's* que operam em três turnos diários, de segunda-feira a

sexta-feira, tendo aproximadamente vinte e dois dias úteis por mês. Levando em consideração essas informações, percebeu-se que se perde, aproximadamente, um dia útil de serviço por mês somente em uma máquina, baseado em dados históricos coletados pela área de programação de produção. Ao analisar-se as demais máquinas, um total de cinco unidades, esse número ficou ainda maior. Além disso, neste setor tem-se o maior gargalo de produção dentro do sistema produtivo da Matrizaria.

### **3.1. Definição do processo a ser abordado**

No local analisado, o processo de *setup* divide-se em três tipos: (i) *setup* apalpador, (ii) *setup* peça e (iii) *setup* ferramenta.

O *setup* apalpador, assim nomeado pelos operadores e pelo programador *CNC*, pelo fator de ser o tipo de *setup* que necessita de um relógio apalpador para que a peça seja colocada na máquina *CNC*. Significa que esta peça já teve algum processo de usinagem anterior a esta etapa e necessita estar de acordo com o que foi planejado. Sem esse equipamento auxiliar, a peça não teria garantia de qualidade final. O relógio apalpador tem função técnica de alinhamento de peças e conferência de medidas, tendo como base os valores absolutos da máquina *CNC*.

O *setup* peça, assim nomeado pelos operadores e pelo programador *CNC*, constitui no processo de *setup* em que a peça é colocada na máquina *CNC* e o seu zero absoluto é o seu centro. Não é necessário o uso de relógio apalpador para alinhar esta peça, sendo que ela está sem nenhum processo de usinagem anterior.

O *setup* ferramenta, assim nomeado pelos operadores e pelo programador *CNC*, consiste no *setup* em que, ao longo do processo de usinagem, verifica-se a necessidade de acrescentar alguma ferramenta à programação da máquina *CNC* visando deixar a peça dentro das especificações determinadas no projeto inicial.

Ao analisar-se nos tipos de *setup* abordados pelo setor analisado, verificaram-se os dados históricos dos mesmos.

Tabela 1 – Dados históricos dos *setup's* no setor *CNC*

<b>Mês/Ano</b>	<b>nov/14</b>			<b>dez/14</b>		
<b>Tipo de <i>Setup</i></b>	<b>Tempo (min)</b>	<b>Número de <i>Setup's</i></b>	<b>Tempo médio (min)</b>	<b>Tempo (min)</b>	<b>Número de <i>Setup's</i></b>	<b>Tempo médio (min)</b>
<b>Apalpador</b>	782	42	<b>19</b>	642	31	<b>21</b>
<b>Peça</b>	188	11	<b>17</b>	60	7	<b>9</b>
<b>Ferramenta</b>	556	59	<b>9</b>	225	17	<b>13</b>
<b>Mês</b>	<b>jan/15</b>			<b>fev/15</b>		
<b>Tipo de <i>Setup</i></b>	<b>Tempo (min)</b>	<b>Número de <i>Setup's</i></b>	<b>Tempo médio (min)</b>	<b>Tempo (min)</b>	<b>Número de <i>Setup's</i></b>	<b>Tempo médio (min)</b>
<b>Apalpador</b>	1013	56	<b>18</b>	881	48	<b>18</b>
<b>Peça</b>	468	33	<b>14</b>	216	20	<b>11</b>
<b>Ferramenta</b>	139	13	<b>11</b>	106	21	<b>5</b>

Fonte: Autor (2015)

Com base nos dados do quadro 2 analisados, optou-se por trabalhar no *setup* apalpador. Durante os meses analisados, o tempo mínimo encontrado para essa operação foi de dezoito minutos.

### 3.2. Aplicação do sistema TRF

A aplicação do sistema TRF baseou-se na metodologia proposta por Meirelles (2004), que procurou seguir os estágios conceituais propostos por Shingo (2000).

Iniciou-se no estágio estratégico. Nessa etapa houve o convencimento da alta direção. Os dados reunidos no quadro 2 serviram de comprovação para que a mesma destinasse recursos humanos e financeiros para implantação da sistemática.

Na formação dos times de trabalho, ficou definido que a metade dos operadores de cada turno seria despendida para aplicação do sistema TRF. Houve uma reunião com os operadores, visando a um envolvimento com o projeto e, posteriormente, o treinamento da metodologia TRF foi realizado *in loco*. Segundo Mohamad e Ito (2012), o treinamento sobre o sistema *SMED* somente será eficiente se for aplicado em processos de fabricação com situação real.

Com a análise do processo, produtos, ciclo de produção, tempos e números de *setup*, definiu-se que o tempo de *setup* deveria ficar conforme o conceito Single Minute Exchange of Die ou

*SMED* (troca de ferramentas em tempo inferior a dez minutos). Com isso, teríamos uma redução no tempo de *setup* de aproximadamente 45%.

Tendo em mãos os dados históricos e a meta a ser atingida, iniciou-se o estágio preparatório.

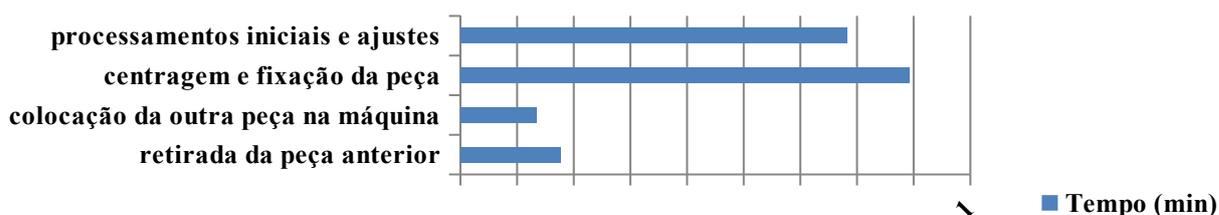
Neste primeiro momento, analisaram-se os processos de *setup* que ocorriam no setor *CNC*.

Realizou-se uma filmagem de um *setup* que ocorre com bastante frequência neste setor, *setup* apalpador. O tempo total deste *setup* foi de 21 minutos e 25 segundos.

A gravação em vídeo do processo de *setup* analisado tem um forte papel, tanto didático quanto motivacional, e serve para fazer análises detalhadas do processo em questão. Deve-se fazer uma filmagem antes da implantação do sistema TRF e outra após a implantação do sistema TRF (KANNENBERG e ANTUNES JR, 1995).

O gráfico 1 apresenta os resultados coletados durante a primeira filmagem.

Gráfico 1 – Análise da primeira filmagem do processo de *setup*



Fonte: Autor (2015)

Com base nessas informações, pode-se perceber a diferença proposta por Shingo e a situação atual do tempo de *setup* na máquina em que foi analisado o tempo de *setup*.

Um dos pontos que mais gerou preocupação foi a discrepância entre o tempo de *setup* da filmagem e o tempo de *setup* que foram colocados nos apontamentos dos meses de novembro 2014 a fevereiro de 2015. Nestes apontamentos, os operadores anotaram um tempo médio, para este tipo de *setup*, de aproximadamente 18 minutos, gerando uma diferença de 3 minutos em relação ao tempo mensurado na filmagem.

Alguns detalhes foram observados, tais como, a maneira incorreta de como os operadores manuseavam as ferramentas, movimentação desnecessária durante o processo de *setup*, elevado tempo para centragem da peça e para ajustes finais.

Ao analisar o processo de fresagem, constatou-se que, de maneira errônea, os operadores fazem vários processos de *setup* ao longo do mesmo. A máquina fica parada e os operadores necessitam fazer ajustes de ferramentas para que a peça continue com a etapa de fresagem.

Em um dos casos, numa única fresagem, a máquina parou 10 vezes ao longo do processo, cada parada gerou uma ociosidade de 2 minutos para que fossem feitos tais ajustes. Somados ao tempo inicial de *setup*, pode-se dizer que o tempo de *setup* está próximo dos 30 minutos.

Com a primeira filmagem e a análise crítica sequencial das atividades em mãos, mostrou-se para os operadores as oportunidades de melhorias que, de imediato, poderiam ser feitas por eles. Separaram-se as operações de *setup* interno e externo e, converteram as operações possíveis de *setup* interno para externo. As ferramentas devem estar dispostas próximas à máquina *CNC*, o próximo material a ser fresado deve estar fixo no dispositivo de fresagem e próximo à máquina *CNC* e o material que for retirado da máquina deve ser levado à próxima etapa somente após o início de fresagem de uma nova peça.

Através dessa análise, os próprios operadores sugeriram a confecção de um carro para transporte de ferramentas – esse carro teve a função de auxiliar os operadores, deixando-os com as ferramentas que necessitam o mais próximo possível das máquinas *CNC*'s. As alterações de projetos de equipamentos e/ou acréscimo de dispositivos intermediários, combinados com as melhorias de metodologia, podem trazer resultados aceitáveis com um investimento moderado (FERRADÁS e SALONITIS, 2013). Esse carro teve um custo de R\$ 1.725,23.

Um item que chamou bastante a atenção durante a análise da primeira filmagem foi a falta de um *check list* padronizado para que os operadores pudessem seguir. Algumas ferramentas estavam dispostas no painel da máquina *CNC*, outras no carro utilizado para transporte de peças e outras guardadas em armários próprios para armazenamento de ferramentas e dispositivos de fixação. Diante disso, criou-se um *check list* em formato de cartões e os mesmos foram afixados no painel das máquinas *CNC*. Nesses cartões, procurou-se sintetizar as etapas do sistema TRF bem com os itens a serem observados durante o processo de *setup*. Os itens de *check list* citados nos cartões estão descritos na figura 1.

Figura 1 – Cartão *check list* afixados nas máquinas *CNC*

Operações a serem feitas enquanto a máquina estiver trabalhando					
Separar a próxima peça (material) a ser fresado deixando-a no carinho próximo a máquina <i>CNC</i>	Verificar junto ao programador <i>CNC</i> a quantidade e quais as ferramentas que serão utilizadas no processo de fresagem da peça em questão separe-as, colocando no carrinho porta-cones	Separar o relógio comparador e deixe o mesmo no carrinho porta-cones	Separar a chave necessária para soltar/fixar a peça na mesa da máquina	Separar os parafusos necessários para fixar a peça na máquina	Separar os calços de fixação necessários para utilizar no processo de fresagem
Verificar as condições de funcionamento dos itens listados					
Melhoria no transporte de matrizes e componentes					
Todos os itens que serão utilizados no processo de <i>Setup</i> devem retornar ao local de armazenamento somente depois que a máquina estiver em funcionamento ( <i>setup</i> externo)					

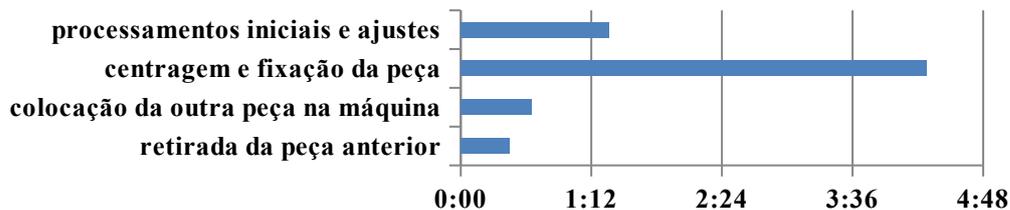
Fonte: Autores (2015)

Além das práticas adotadas visando agilizar o processo de *setup*, foi analisada a organização do setor, onde constatou-se que, por falta de algumas identificações nos locais de armazenamento de ferramentas, os operadores levavam um tempo desnecessário tentando localizá-las.

Após a adoção dessas melhorias, com padrões adotados para a implantação do sistema de troca rápida de ferramentas, com métodos e processos pré-estabelecidos e conversão de *setup* interno em *setup* externo, realizou-se uma segunda filmagem do processo de *setup*, similar ao filmado inicialmente. O tempo total deste *setup* foi de 6 minutos e 46 segundos.

O gráfico 2 apresenta os resultados coletados durante a segunda filmagem.

Gráfico 2 – Análise da segunda filmagem do processo de *setup*



Fonte: Autores (2015)

Com base nessa análise, pode-se perceber o ganho real obtido no setor utilizando-se das técnicas propostas para adoção do sistema de troca rápida de ferramentas. No estágio operacional da aplicação do sistema TRF, analisaram-se os resultados obtidos com *check* das metas e indicadores. A tabela 2 mostra o comparativo entre a primeira filmagem e a segunda filmagem.

Tabela 2 – Comparativo entre a primeira e segunda filmagem realizada do processo.

Operação	Primeira Filmagem		Segunda Filmagem		Diferença	
	Tempo (s)	%	Tempo (s)	%	Tempo (s)	%
Tempo de retirada da peça anterior	127	9,88%	28	6,90%	99	77,95%
Tempo gasto para colocar a outra peça na máquina	97	7,55%	39	9,61%	58	59,79%
Tempo gasto para centragem e fixação da peça	570	44,36%	257	63,30%	313	54,91%
Tempo gasto para processamentos iniciais e ajustes	491	38,21%	82	20,20%	409	83,30%
<b>Total</b>	<b>1285</b>	<b>100,00%</b>	<b>406</b>	<b>100,00%</b>	<b>879</b>	<b>68,40%</b>

Fonte: Autor (2015)

Como meta inicial, o tempo de *setup* apalpador deveria baixar de 18 minutos (tempo médio dos dados históricos) para menos de 10 minutos (tempo padrão *SMED*) definido por Shingo (2000). Mas, logo na segunda filmagem, o tempo de *setup* apalpador caiu para menos de 7 minutos, ou seja, aproximadamente 40% do tempo médio inicialmente mensurado.

No estágio de comprovação, as práticas foram padronizadas, consolidando as mudanças em padrões operacionais e também disseminaram-se novos padrões, treinando o restante da

equipe. Após a análise do *setup* apalpador, trabalhou-se também no *setup* peça e no *setup* ferramenta.

Moreira e Pais (2011) descrevem que, para que se obtenha sucesso durante a aplicação do sistema *SMED*, deve-se fazer uma análise contínua do processo real. A adoção de procedimentos rigorosos visa reduzir falhas durante a implantação do sistema *SMED*.

## 4. Resultados

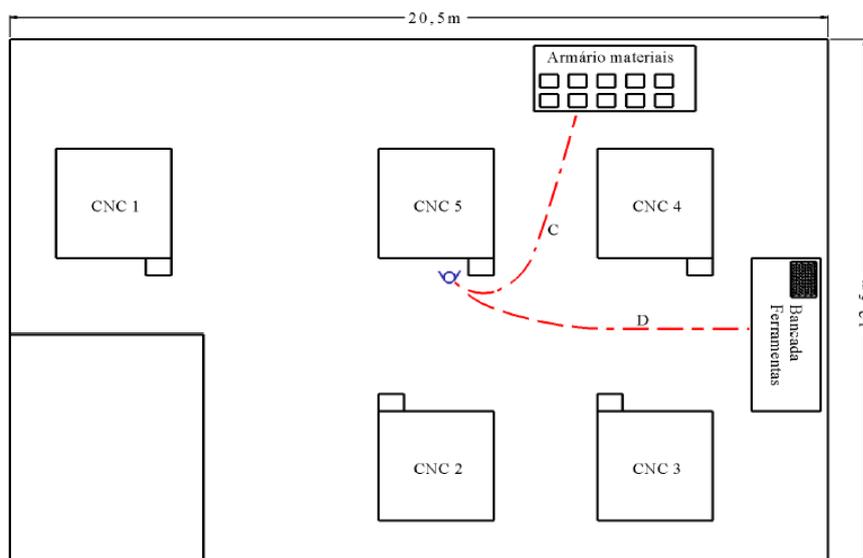
### 4.1. Melhorias em tempos de *setup*

A aplicação do sistema TRF trouxe benefícios para o setor *CNC*, tais como, a redução do tempo de *setup* e a padronização de funções. Meirelles (2004) *apud* Black (1998) afirmam que os sistemas tradicionais de produção começam a ficar mais enxutos com a implantação das técnicas de redução dos tempos de *setup*.

Para os colaboradores, houve redução da distância percorrida durante a etapa de *setup*, tendo em vista que, após o treinamento e disseminação das práticas adotadas, todo material necessário passou a ficar disposto muito próximo à máquina *CNC*.

A figura 2 mostra a movimentação necessária, por parte dos operadores, durante o processo de *setup*, no cenário anterior a implantação da metodologia TRF.

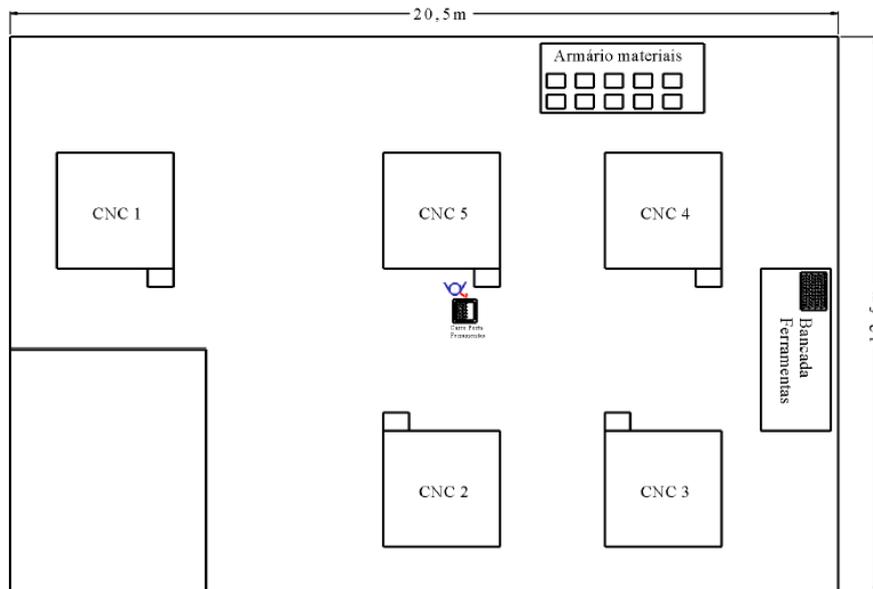
Figura 2 – Movimentação dos operadores durante o processo de *setup*.



Fonte: Autor (2015)

A figura 3 mostra a movimentação necessária, por parte dos operadores, durante o processo de *setup*, no cenário atual, após a implantação da metodologia TRF.

Figura 3 – Movimentação dos operadores durante o processo de *setup*



Fonte: Autor (2015)

Pode-se perceber que, um dos fatores que implicavam no aumento do tempo de *setup* era justamente a distância percorrida pelos operadores durante essa etapa. Na figura 2, as linhas tracejadas, C e D, equivalem a aproximadamente 6,5 metros cada uma. As mesmas representam os movimentos executados pelo operador no momento do *setup*, ou seja, percorria-se aproximadamente 26 metros durante a etapa de *setup*. Já na figura 3, com a adoção do carro para transporte de ferramentas citado anteriormente, o operador passou a ter todas as ferramentas dispostas no local em que se realiza o processo de *setup*, assim, a distância percorrida pelo encarregado durante essa etapa foi eliminada.

A disseminação das práticas adotadas para implantação do sistema TRF, fez com que fossem reduzidos os três tipos de *setup* utilizados nas máquinas CNC's deste setor: (i) *setup* apalpador; (ii) *setup* peça e; (iii) *setup* ferramenta.

No *setup* apalpador, o ganho obtido foi de aproximadamente 60%. Em *setup* peça, o ganho médio obtido foi de aproximadamente 80%. Em *setup* ferramenta, o ganho médio obtido foi de aproximadamente 60%. A base de cálculo para obtenção dos resultados foi a seguinte: fez-

se a média dos tempos de *setup* entre os meses de novembro de 2014 a fevereiro de 2015 e, como comparativo, utilizou-se a média dos tempos de *setup* coletados no último mês de acompanhamento de aplicação da metodologia TRF, mês de junho de 2015. Neste mês as técnicas já estavam todas disseminadas.

À medida que o processo de implantação da metodologia TRF avança, a ociosidade de máquinas e equipamentos diminui (MOREIRA e PAIS, 2011). A tabela 3 mostra a evolução nos tempos de *setup* praticados no setor *CNC* durante a implantação e consolidação do sistema TRF.

Tabela 3 – Evolução nos tempos de *setup* praticados no setor *CNC* durante a implantação e consolidação do sistema TRF

Mês	mar/15			abr/15		
Tipo de <i>Setup</i>	Tempo (min)	Número de <i>Setup's</i>	Tempo médio (min)	Tempo (min)	Número de <i>Setup's</i>	Tempo médio (min)
Apalpador	843	47	18	978	73	13
Peça	355	23	15	198	35	6
Ferramenta	178	22	8	334	36	9
Mês	mai/15			jun/15		
Tipo de <i>Setup</i>	Tempo (min)	Número de <i>Setup's</i>	Tempo médio (min)	Tempo (min)	Número de <i>Setup's</i>	Tempo médio (min)
Apalpador	530	78	7	480	60	8
Peça	90	35	3	75	29	3
Ferramenta	87	17	5	68	17	4

Fonte: Autores (2015)

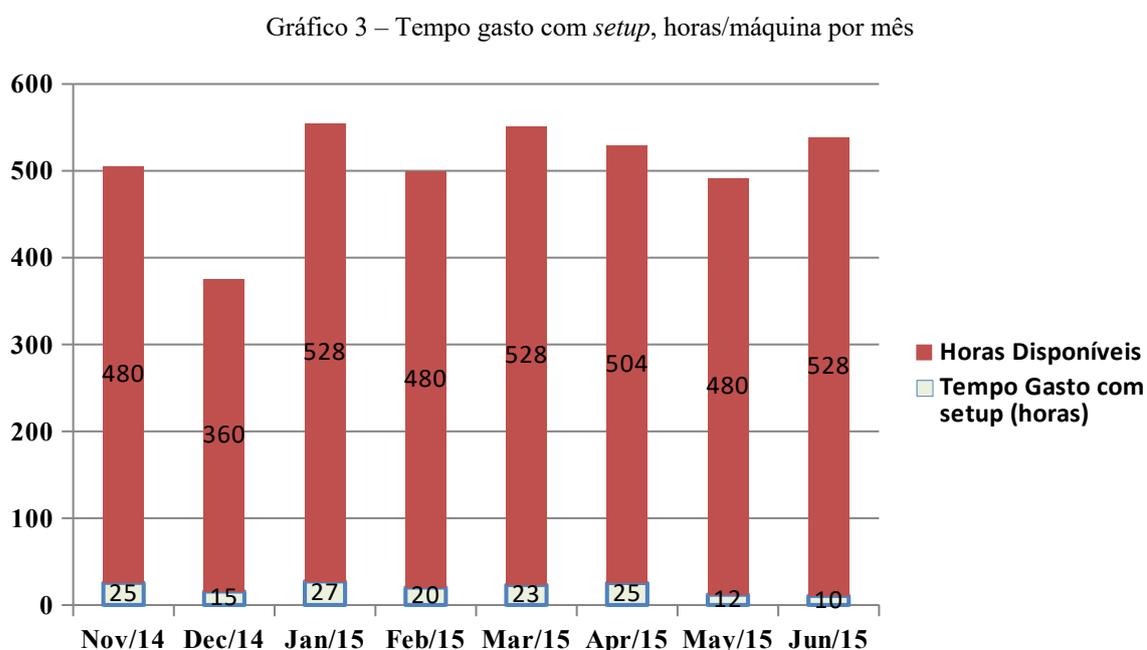
## 4.2. Capacidade produtiva

A aplicação do sistema TRF contribuiu para o aumento da capacidade produtiva do setor *CNC* em 3%. Tendo o setor uma média aproximada de 300 peças fresadas por mês, isso representa um aumento de nove peças, aproximadamente, por máquina na capacidade de fresagem. Considerando que o setor trabalha com cinco máquinas *CNC's*, esse número aproxima-se de 45 peças em aumento real na capacidade de fresagem em número de peças.

Do tempo total de capacidade horas/máquina disponível no setor, aproximadamente 5% do mesmo era gasto com tempos de *setup*. Com a aplicação do sistema TRF, o tempo de *setup*

gasto no setor passou a equivaler aproximadamente 2% do tempo total de horas/máquina disponível.

O gráfico 3 apresenta o tempo gasto com *setup*, horas/máquina por mês, ao longo da implantação do sistema TRF.



Fonte: Autores (2015)

Com a análise do gráfico 3, têm-se uma redução significativa nos tempos de *setup*. Esse tempo equivale ao custo de aproximadamente R\$ 680,00 por mês em cada máquina, o que corresponde a uma economia anual na casa de R\$ 40.000,00. Esses valores foram calculados considerando o valor hora/máquina de R\$ 45,00.

## 5. Conclusões

A aplicação da metodologia TRF traz benefícios de maneira rápida, organizada e com baixo custo de implantação. Com a aplicação dessa metodologia, o setor obteve ganhos na redução do tempo de *setup* de 60%, baixando o seu tempo médio para 7 minutos. Houve também um aumento de aproximadamente 3% na capacidade produtiva. O investimento feito no setor foi, além do tempo de treinamento dos operadores, de R\$ 1.725,23 na confecção de um carro para

transporte de ferramentas, custo esse relativamente baixo quando comparado com o ganho obtido no setor somente no primeiro mês com a aplicação da metodologia em pleno funcionamento. Somente no primeiro mês de funcionamento da metodologia TRF, houve uma economia de aproximadamente R\$ 680,00 por máquina. Houve também ganho no quesito comprometimento por parte dos operadores envolvidos no processo de implantação da referida metodologia.

Percebeu-se que, com uma análise mais crítica do ambiente produtivo, melhorias podem ser feitas apenas na maneira como as aplicações são desenvolvidas. A criação de um *check list* padronizado trouxe um retorno rápido na redução do tempo de *setup*. Muitas das atividades desenvolvidas pelos operadores acabavam sendo repetidas simplesmente pela falta da organização deles em relação à disposição dos materiais e ferramentas. Com base na aplicação desta metodologia, pode-se perceber que os ganhos reais ocorreram com pouco investimento financeiro. Outro detalhe percebido foi a falta de conhecimento, por parte dos operadores, do tempo em que levavam para realizar o *setup*, sendo que cada operador acreditava fazer essa operação num determinado tempo, sendo este tempo diferente uns dos outros. Os operadores ficaram mais confiantes após a adoção da metodologia TRF, uma vez que ela contribuiu para que os encarregados diminuíssem a probabilidade de erros durante o processo de *setup*. Além disso, ocorreu a flexibilização do sistema produtivo.

A metodologia TRF abre caminho para aplicação de outras ferramentas de gestão, entre elas, o sistema *Lean Manufacturing*, já que esse método trabalha com análise contínua dos processos de *setup*. Estudos posteriores podem ser desenvolvidos, trabalhando primeiramente a questão cultural do ambiente produtivo e também aplicando simultaneamente o sistema *5S*.

## REFERÊNCIAS

ANI, Mohd Norzaimi Bin Che; SHAFEI, Mohd Sollahuddin Solihin Bin. The Effectiveness of the Single Minute Exchange of Die (SMED) Technique for the Productivity Improvement. *Amm*, [s.l.], v. 465-466, p.1144-1148, dez. 2013. Trans Tech Publications. DOI: 10.4028/www.scientific.net/amm.465-466.1144.

ASSAF, Ramiz; HADDAD, Tamer. Performance Improvement Using the Single Minute Exchange of Die (SMED) Methodology in an Aluminum Profiles Extrusion Production System. *Anais: The 1st International Conference on Industrial, Systems and Manufacturing Engineering*,

Amman, Jordan, 2014.

COSTA, Eric; BRAGANÇA, Sara; SOUSA, Rui M.; ALVES, Anabela C. Benefits from a SMED application in a punching machine. World Academy of Science, Engineering and Technology. International Journal of Mechanical, Industrial Science and Engineering, v.7, n.5, 2013.

ELIAS, Sérgio José Barbosa; NETO, Gagoberto da Rocha Façanha; DYNA, Miguel Angelo Santos. Aplicação da Troca Rápida de Ferramentas na Indústria Alimentícia. Anais: XXVIII ENEGEP - Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Rio de Janeiro, RJ, 2008.

FAGUNDES, Paulo Ricardo Motta. Sistemática para redução do tempo de setup na indústria moveleira. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil, 2002.

FERRADÁS, Pablo Guzmán; SALONITIS, Konstantinos. Improving changeover time: a tailored SMED approach for welding cells. Anais: Forty Sixth CIRP Conference on Manufacturing Systems. Setubal, Portugal, 2013.

GARCIA, Eduardo Saggioro; LACERDA, Leonardo Salgado; BENÍCIO, Rodrigo Arozo. Gerenciando incertezas no planejamento logístico: o papel do estoque de segurança. Revista Tecnológica, 63, 36-42, 2001.

HARMON, Roy; PETERSON, Leroy. Reinventando a Fábrica: Conceitos modernos de produtividade aplicados na prática. 1ª edição. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1991.

KANNENBERG, Gustavo; ANTUNES JR, José Antônio Valle. Proposta de uma sistemática de implantação de troca rápida de ferramentas para indústrias de forma no Brasil. Produção, São Paulo, v. 5, n. 1, p. 23-43, 1995.

McINTOSH, Richard; CULLEY, Steve; MILEHAM, Anthony Roy. A Critical Evaluation of Shingo's 'SMED' Methodology. Int. J. Production Research, v.38, n.11, 2000.

MILEHAM, Antony Roy.; CULLEY, Steve; OWEN, Geraint Wyn; MCINTOSH, Richard. Rapid changeover - a pre-requisite for responsive manufacture. *International Journal of Operations & Production Management*, v.19, n.8, p.785-596, 1999.

MOHAMAD, Effendi; ITO, Teruaki. Development of a simulation-based SMED training system. *Anais: Proceedings of First International Symposium on Socially and Technically Symbiotic Systems*, Okayama, Japan, August 29-31, 2012.

MOREIRA, António Carrizo; PAIS, Gil Campos Silva. Single Minute Exchange of Die. A Case Study Implementation. *Journal of Technology Management & Innovation*, v.6, n.1, 2011.

MULLA, M.L.; BHATWADEKAR, S. G.; PANDIT, S. V. Implementation of Lean Manufacturing Through The Technique of Single Minute Exchange Or Die (SMED) to Reduce Change Over Time. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, v.3, n.6, 2014.

NEUMANN, Carla Simone Ruppental; RIBEIRO, José Luis Duarte. Desenvolvimento de fornecedores: um estudo de caso utilizando a troca rápida de ferramentas. *Revista Produção*, v. 14, n. 1, p.44-53, 2004.

RANGEL, Djalma Araújo; FREITAS, Liane Márcia; ASSIS II, Onildo Ribeiro de; RÊGO, Tiago Pinto do. Aumento da eficiência produtiva através da redução do tempo de setup: aplicando a troca rápida de ferramentas em uma empresa do setor de bebidas. *P&D em Engenharia de Produção*, Itajubá, v. 10, n. 1, p. 36-49, 2012.

REIS, Mário Eduardo Pauka; ALVES, João Murta. Um método para o cálculo do benefício econômico e definição da estratégia em trabalhos de redução do tempo de setup. *Gestão e Produção*, v. 17, n. 3, p. 579-588, 2010.

SLACK, Nigel. *Vantagem Competitiva em Manufatura*. 1ª edição. São Paulo: Atlas, 1993.

TRIETSCH, Dan. *Some Notes on the Application of Single Minute Exchange of Die (SMED)*. 1992. Administrative Sciences Department, Naval Postgraduate School of Monterey, California.

# Capítulo 5

## ESTUDO DA VIABILIDADE ECONÔMICA DA IMPLANTAÇÃO DE GERADORES HIDRELÉTRICOS PARA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA NA COPASA-MG

Carlos Eduardo Batista

Thiago Pouza Mussolini

Juliana Helena Daroz Gaudencio

# ESTUDO DA VIABILIDADE ECONÔMICA DA IMPLANTAÇÃO DE GERADORES HIDRELÉTRICOS PARA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA NA COPASA-MG

Carlos Eduardo Batista  
Thiago Pouza Mussolini  
Juliana Helena Daroz Gaudencio

## Resumo

A utilização de fontes limpas para geração de energia elétrica ganha cada vez mais espaço devido ao baixo impacto que elas causam ao meio ambiente. Dentre os tipos de fontes renováveis, destaca-se a energia hidrelétrica com as grandes, pequenas e micro centrais. Tendo isto em vista, o presente trabalho tem como objetivo realizar a análise da viabilidade econômica da implantação de um sistema de geração de energia hidrelétrica em uma companhia de saneamento situada em Belo Horizonte/MG (COPASA). Foram realizadas três análises: (1) análise econômica com a utilização das ferramentas *Payback*, VPL e TIR; (2) análise de sensibilidade que apontará a oscilação das variáveis; e (3) a análise de risco. O método de pesquisa utilizado para a condução deste trabalho foi a modelagem e simulação, uma vez que foi considerada a simulação dos valores financeiros de fluxo de caixa com base em dados reais. Por fim, as ferramentas utilizadas, VPL e TIR, indicam que o projeto de implantação dos geradores hidrelétricos, na COPASA, para geração própria de energia elétrica, é viável. As variáveis mais impactantes na viabilidade do projeto foram: Tarifa Energética, Produção de Energia, Período de Funcionamento e Fator de Potência.

**Palavras-chave:** geração de energia elétrica, VPL, TIR, análise de risco, análise de sensibilidade.

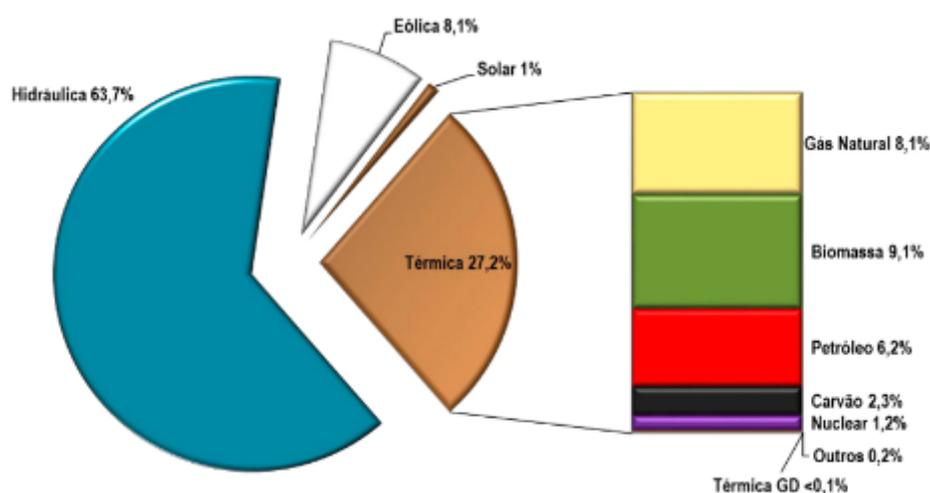
## 1. Introdução

Uma das abordagens mais utilizadas atualmente é o desenvolvimento sustentável que engloba a preservação ambiental, social e o desenvolvimento econômico, visando utilizar os recursos disponíveis de forma inteligente para que não se esgotem (COPASA, 2018). Ainda, segundo o

relatório de sustentabilidade da COPASA, dentre os recursos esgotáveis presentes no planeta, a água é um dos principais recursos para a sobrevivência da vida na Terra e para o desenvolvimento das atividades socioeconômicas.

Para suprir a necessidade da população, levando em consideração o avanço considerável na demanda de energia elétrica, se faz preciso novos investimentos, e uma das alternativas mais empregadas na geração de energia elétrica é a energia hidráulica (ABBUD; TANCREDI, 2010). Na Figura 1, visualiza-se a matriz energética do Brasil que mostra que a maior fonte de geração de energia no país, provém das fontes hídricas.

Figura 1 - Capacidade instalada de geração de energia elétrica - Junho/2018



Fonte: Ministério de Minas e Energia (2018)

Segundo o Ministério de Minas e Energia (2018), as fontes renováveis de energia (Hidráulica + Biomassa + Eólica + Solar) somam 81,9% da capacidade instalada na geração de energia elétrica brasileira, em que a energia hidráulica corresponde a 63,7% de toda fonte de geração de energia no Brasil, e é composto por Unidades Hidrelétricas (UHE), Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH) e Centrais Geradoras Hidrelétricas (CGH).

A geração por CGH como fonte alternativa, nos municípios na qual a configuração permita, podem ser instaladas na rede de distribuição de água, aproveitando das estruturas já instaladas na rede, excluindo a necessidade de grandes investimentos financeiros e permitindo o maior acesso a esta tecnologia (SOSNOSKI, 2015).

Utilizando o conceito de usos múltiplos da água, previsto na Lei 9.443/1997, a água utilizada para abastecimento público, pela Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA –

MG), além de abastecer a população, pode colaborar com o meio ambiente gerando energia elétrica de forma sustentável (SOSNOSKI, 2015).

Em 2017, foi declarado que a terceira maior despesa operacional da COPASA-MG foi relacionada a energia elétrica, abaixo apenas das despesas com pessoal e com prestação de serviços de terceiros.

Considerando os fatos descritos e tendo em vista que o tema “Sustentabilidade” ganha cada vez mais importância, assim como a geração de energia limpa cresce no mundo, este trabalho tem como objetivo geral realizar a análise da viabilidade econômica, por meio das variáveis *payback*, VPL e TIR, da instalação de um sistema de geração de energia hidrelétrica no sistema de distribuição da COPASA. A sede objeto de estudo está localizada na cidade de Belo Horizonte/MG.

O presente trabalho foi conduzido através do método de pesquisa modelagem e simulação e teve como objetivos específicos a análise das variáveis que compõe o fluxo de caixa e como elas podem impactar no aumento ou diminuição da lucratividade, a identificação dos riscos e as incertezas do projeto. Desse modo, três métodos foram utilizados com o propósito de verificar a viabilidade econômica da implantação de geradores na COPASA para fins de consumo próprio de energia. São eles: análise de investimentos, análise de sensibilidade e análise de risco.

## **2. Referencial teórico**

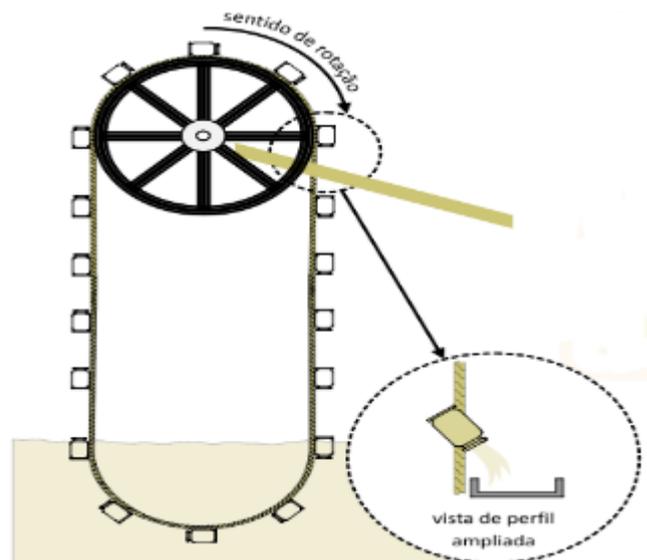
### **2.1. Origem da energia hidrelétrica**

Conforme mencionado por Filho *et al.* (2007), antigamente, diversos métodos eram empregados para elevar a água dos rios a uma altura maior do que suas margens. Um destes métodos era a roda Persa, mostrada na Figura 2, que é uma roda montada em um eixo horizontal com recipientes em sua extremidade em que era movimentada por animais. Segundo Bienes (2003), uma das primeiras formas de substituição do trabalho animal pelo mecânico foi o uso da energia hidráulica.

Na Figura 3, nota-se, que ao interromper o giro da roda Persa, a corrente tende a girar a roda na direção oposta, em que foi concebida a ideia revolucionária de que a corrente de água poderia realizar trabalhos, pois continha energia. Neste modelo, a roda é acionada pela força da correnteza, e não mais pelos animais (FILHO *et al.*, 2007). O aproveitamento desta energia é

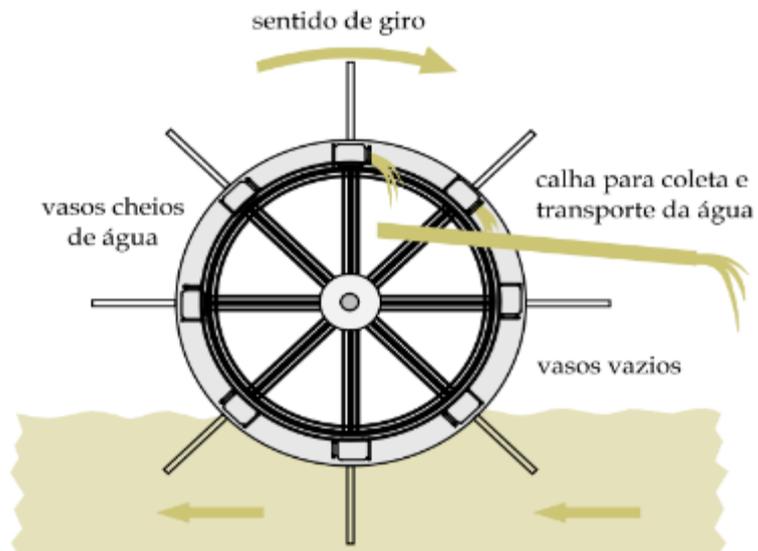
feito através de turbinas hidráulicas devidamente acopladas a um gerador (BIENES, 2003).

Figura 2 - Roda Persa



Fonte: FILHO *et al.* (2007)

Figura 3 - Roda Persa acionada pela correnteza do rio



Fonte: FILHO *et al.* (2007)

## 2.2. COPASA-MG

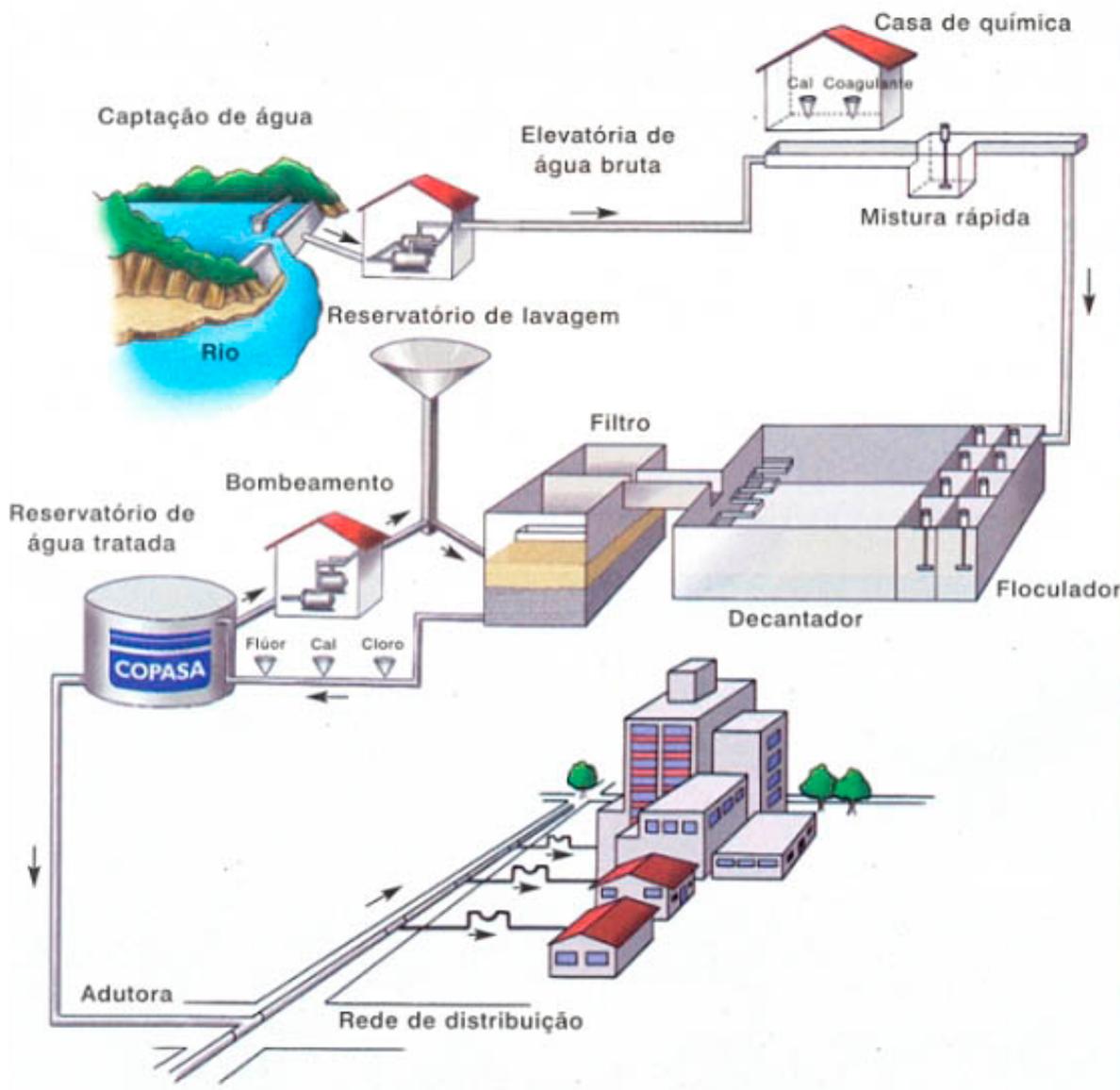
A COPASA-MG, é uma empresa de economia mista, cuja principal atividade é a prestação de serviços em abastecimento de água, esgotamento sanitário e resíduos sólidos.

A construção do sistema de abastecimento, além da fonte, também leva em consideração a população a ser atendida, e a taxa de crescimento da cidade bem como as suas necessidades industriais. Segundo as informações contidas no site da COPASA, o sistema é composto pelas seguintes unidades:

- Captação;
- Adução;
- Estação de tratamento;
- Reservação;
- Redes de distribuição;
- Ligações domiciliares.

A captação pode ser superficial através de bombeamento ou por gravidade nos lagos, rios ou represas. Já a captação subterrânea é efetuada através de poços artesianos com perfurações de 50 a 100 metros capturando a água dos lençóis subterrâneos, por meio de motobombas (COPASA, 2018). A Figura 4 representa todo o processo envolvido.

Figura 4 - Sistema de tratamento de água



Fonte: COPASA (2018)

### 2.3. Análise econômica

Segundo Filho e Kopittke (2000), os fatores que devem ser considerados ao fazer uma análise financeira e econômica, são apenas os que podem ser convertidos em unidades monetárias. Entretanto, existem fatores que podem ter impactos e que não sejam possíveis de serem mensurados financeiramente. Os autores também afirmam que há três critérios que devem ser considerados pelos responsáveis que tomam as decisões: os critérios econômicos que visam a rentabilidade do investimento, os critérios financeiros que fazem a análise da disponibilidade

dos recursos e os critérios imponderáveis que são os fatores que não são conversíveis em dinheiro.

## **2.4. Análise de investimento**

Segundo Filho e Kopittke (2000), para traçar o objetivo da análise de investimento, deve-se levar em conta, primeiramente, o retorno esperado que é o objetivo da empresa.

Um investimento pode ser resumido pelo fluxo de caixa do projeto. Este fluxo de caixa deve registrar todas as movimentações de saídas, que são os investimentos, e as entradas em virtude desses investimentos, ou receitas, durante um período de tempo pré-estabelecido (NARDELLI e MACEDO, 2011).

Para realizar a análise de investimentos deste trabalho, o fluxo de caixa será de suma importância, pois servirá como base para as técnicas: tempo de retorno (Payback), valor presente líquido (VPL), e taxa interna de retorno (TIR) conforme detalhados a seguir.

### **2.4.1. Payback**

Segundo Filho e Kopittke (2000), o *payback* consiste em definir qual o tempo necessário para que haja a recuperação de todo o montante investido a partir de suas receitas.

Considerando uma receita fixa anual, o *payback* é calculado em anos, dado pela Eq. (1).

$$Payback = \frac{Investimento}{Receita} \quad (1)$$

Gitman (2012) afirma, que o método possui três grandes desvantagens: desconsidera o valor do dinheiro no tempo, não possui o conceito de equivalência, e a incapacidade de considerar os fluxos de caixa posteriores a recuperação do investimento.

### **2.4.2. Valor presente líquido**

Hirschfeld (2009) define VPL como um método que permite determinar um valor na data atual, ou seja, na data 0, baseado em um fluxo de caixa composto por previsões financeiras.

Segundo Gitman (2012), o VPL é um método que considera o valor do dinheiro no tempo, e é

considerado uma técnica de orçamento de capital conforme descrito na Eq. (2).

$$VPL = \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+k)^t} - FC_0 \quad (2)$$

Em que:

VPL: Valor Presente Líquido em R\$;

$FC_0$ : Investimento Inicial em R\$;

$FC_t$ : Valor esperado do fluxo de caixa (para “t” períodos) em anos;

k: Taxa Mínima de Atratividade (TMA) em %.

Silva (2016) afirma, que para um projeto se tornar viável, o VPL deve ser superior a zero, pois assim a empresa irá registrar um retorno maior que o investimento.

#### 2.4.3. Taxa interna de retorno

Segundo Pilão e Hummel (2006), o método da TIR permite verificar se um investimento é rentável. Ainda segundo os autores, quando se está calculando a TIR, na prática estão sendo igualadas as receitas e as despesas do fluxo de caixa na data conforme representado na Eq. (3).

$$0 = \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+TIR)^t} - FC_0 \quad (3)$$

Em que:

TIR: Taxa Interna de Retorno em %;

$FC_0$ : Investimento Inicial em R\$;

$FC_t$ : Valor esperado do fluxo de caixa (para “t” períodos) em anos;

Quando se compara a Equação (2) à Equação (3), pode-se perceber que a TMA será igual a TIR, quando VPL for igual a 0. Assim sendo, a aceitação do método TIR se dá quando ela for igual ou maior que a TMA (PILÃO; HUMMEL, 2006).

#### 2.4.4. Análise de sensibilidade

De acordo com Sanches *et al.* (2003), um método para examinar as incertezas é a análise de sensibilidade, mensurando o quão impactante um dado de entrada, variado isoladamente, pode

influenciar no resultado da análise.

A utilização de análises estocásticas, permite quantificar a probabilidade de um projeto alcançar ou não o sucesso econômico, pois a utilização de análises das principais variáveis de forma determinística não considera os riscos e incertezas do modelo (ROBBUS *et al.*, 2016).

## **2.5. Análise de risco**

Segundo Borges Júnior *et al.* (2008), ao utilizar técnicas de análise de risco, o foco é mantido na variável de saída gerando, assim, uma função da probabilidade acumulada, que se baseia nas relações das distribuições de probabilidade das variáveis de entrada com os parâmetros definidos.

### **2.5.1. Simulação de Monte Carlo**

Conforme Metropolis e Ulam (2008); Corrar e Theóphilo (2004), a Simulação de Monte Carlo (SMC) é um mecanismo de geração de números aleatórios atribuindo valores as variáveis de entrada do sistema a se analisar. Pode-se utilizar esse método para tomar decisões em que os riscos e as incertezas façam parte do problema.

## **3. Metodologia**

### **3.1. Descrição do objeto de estudo**

O presente trabalho será aplicado na COPASA sediada na cidade de Belo Horizonte/MG na qual objetiva instalar um sistema hidrelétrico para a sua própria geração de energia. O orçamento da aplicação do sistema de turbinas foi fornecido por uma empresa especializada na qual considerou uma turbina do tipo Pelton, com uma potência de 60 kVA – trifásico – 127/220/330/440 V.

### **3.2. Modelagem e simulação**

O método de pesquisa adotado neste trabalho é a modelagem e simulação. Um fluxo de caixa referente a instalação de um sistema hidrelétrico nas linhas de tratamento de água da companhia

de saneamento é modelado e simulado a partir de dados reais. Em seguida, é feita a análise destes dados com o auxílio das ferramentas de Engenharia Econômica, com o intuito de auxiliar o embasamento da tomada de decisão de uma empresa. É válido ressaltar que foi utilizado o software CrystalBall® para executar a SMC.

O

Quadro 1 apresenta de forma sucinta a classificação desta pesquisa.

Quadro 1 – Classificação da pesquisa

<b>Tipo de Pesquisa</b>	Modelagem e Simulação
<b>Abordagem</b>	Quantitativa
<b>Natureza</b>	Axiomática
<b>Objetivo</b>	Normativo
<b>Área de Pesquisa</b>	Engenharia Econômica
<b>Sub Área</b>	Análise de Investimentos

Bertrand e Fransoo (2002), afirmam que as pesquisas quantitativas baseadas em modelos são classificadas em quatro tipos: empírica normativa, empírica descritiva, axiomática normativa e axiomática descritiva.

Entretanto, para as pesquisas axiomáticas normativas conforme classificada neste trabalho, o pesquisador cria tanto o modelo conceitual, quanto o modelo científico e, também, os soluciona. Essa solução pode, novamente, alimentar o modelo conceitual para possíveis alterações ou contribuições. Entretanto, não realiza a etapa da implementação (BERTRAND e FRANSOO, 2002).

Esta pesquisa pode ser classificada como quantitativa, pois, segundo Turrioni e Mello (2012), este tipo de pesquisa aborda tudo o que pode traduzir informações em números, para que se possa realizar a análise e classificação.

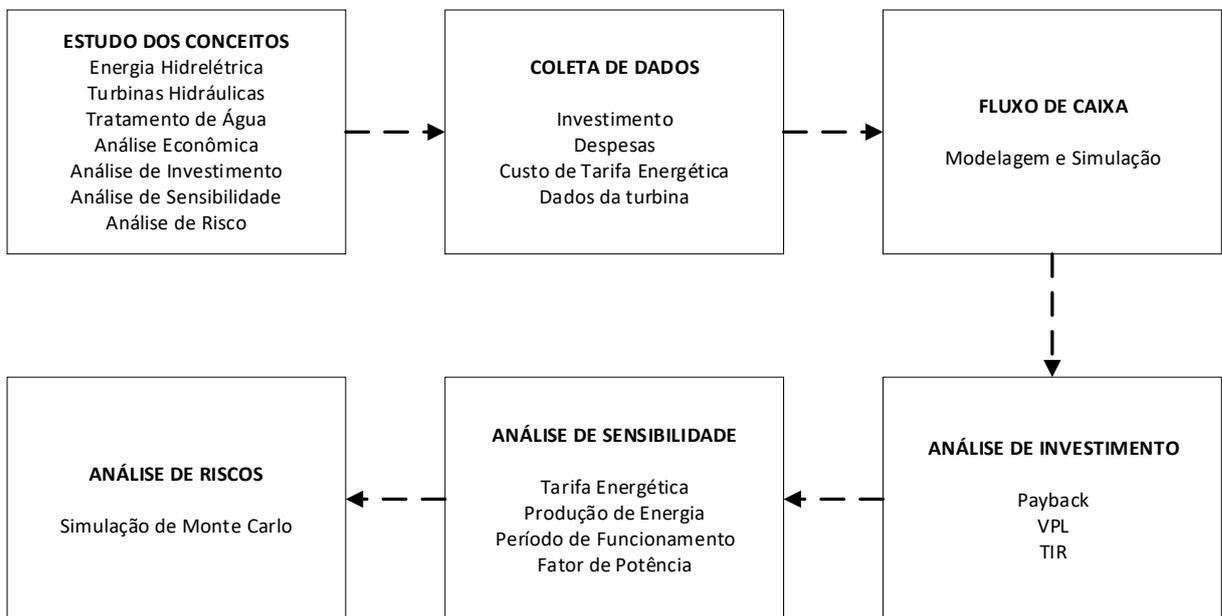
Para a execução deste trabalho, foram determinadas 6 (seis) etapas a serem seguidas (Figura 6), baseadas no modelo proposto por Mitroff *et al.* (1974), ilustrado pela Figura 5.

Figura 5 - Modelo de pesquisa e simulação



Fonte: Mitroff et al. (1974)

Figura 6 - Etapas da Metodologia



Fonte: Adaptado de Silva (2017)

## 4. Aplicação e resultados

### 4.1. Elaboração do fluxo de caixa

A modelagem do fluxo de caixa (ANEXO) foi realizada conforme a Tabela 1 e utilizou dados colhidos com a COPASA e com a empresa que realizou o orçamento.

Tabela 1 - Modelagem do fluxo de caixa

<b>Receita líquida</b>
(-) Custos e despesas
(-) Taxa ANEEL
(+) Depreciação
<b>Lucro antes dos impostos</b>
(-) IRPJ/CSLL
<b>Lucro líquido</b>
(-) Investimentos
(+) Valor residual
<b>Fluxo de caixa</b>

Fonte: Adaptado de (SILVA, 2016)

### 4.2. Receita líquida

A receita líquida representa a economia gerada pelo sistema e é calculada pela Eq. (4).

$$\text{Receita Líquida} = \text{Tarifa energética} \times \text{Produção de energia} \quad (4)$$

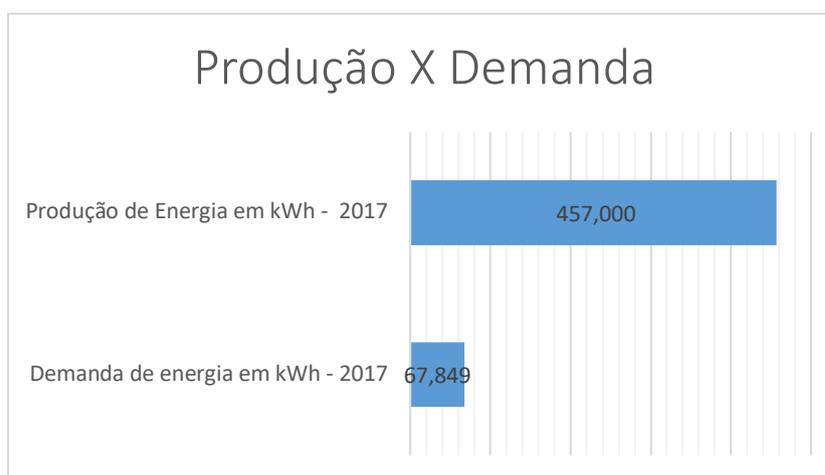
A tarifa energética corresponde ao custo anual da tarifa em MWh/ano. Um dado considerado, foi que a tarifa energética possui um crescimento de aproximadamente 2,5% ao ano. (AQUILA *et al.*, 2016).

Já a produção de energia elétrica, corresponde a quantidade de energia produzida pelo sistema de geração de energia hidráulica em MWh/ano.

Em consoante com a Nota Técnica no 128/2009–SEM/ANEEL, devido as usinas a fio d'água possuírem baixa flexibilidade e operação estável, no caso deste projeto, os dados inexistentes serão completados multiplicando a potência instalada por 0,9 (ANEEL, 2009).

No ano de 2017, segundo dados da COPASA, a demanda com energia elétrica de finalidade administrativa foi de 67.849 kWh divididos por 3 unidades consumidoras. Com o sistema de geração de energia, seria possível gerar 457.000 kWh, podendo alimentar 6,7 vezes o valor da demanda conforme mostra a Figura 7. (COPASA,2018)

Figura 7 - Produção e Demanda 2017



Segundo a ANEEL (2012), na resolução normativa N° 482, de 17 de abril de 2012, para fins de compensação, a energia ativa injetada no sistema de distribuição pela unidade consumidora, será cedida a distribuidora a título de empréstimo, passando a unidade consumidora ter um crédito durante um prazo de 60 meses em quantidade de energia ativa a ser consumida, em que este crédito pode ser usado para abater faturas futuras.

#### 4.3. Custos e despesas

Os custos e despesas representam os gastos referentes a manutenção do sistema, que foram dimensionados conforme orientação do fabricante e são calculados conforme Eq. (5).

$$\text{Custos e Despesas} = \text{Receita Líquida} * 7,5 \% \quad (5)$$

Em consoante com Candido e Santos (2012), o custo de Operação e Manutenção adotado para este projeto foi estimado em um valor de 7,5% da receita para a operação e manutenção da CGH em estudo.

Conforme a ANEEL (2016), os custos de instalação, operação e manutenção (incluindo os custos de eventual substituição), com o sistema de medição para micro geração distribuída, como é o caso deste projeto, são de responsabilidade da distribuidora.

#### 4.4. Impostos

Os impostos representam o Imposto de Renda Pessoa Jurídica (IRPJ) e a Contribuição Social sobre o Lucro Líquido (CSLL), que no caso da COPASA são 34% (15% de IR, 10% de adicional de IR e 9% de CSLL). As alíquotas utilizadas são representadas na Tabela 2.

Tabela 2 - Alíquotas

IRPJ	25%
CSLL	9%

Ambos impostos são calculados em relação ao lucro líquido antes dos impostos, conforme Equações (6) e (7).

$$\text{IRPJ} = \text{Lucro antes dos impostos} * 25\% \quad (6)$$

$$\text{CSLL} = \text{Lucro antes dos impostos} * 9\% \quad (7)$$

#### 4.5. Investimento

A precificação do investimento para a implantação do sistema de geração de energia hidrelétrica foi de responsabilidade da empresa especializada e tem um valor total de R\$ 165.630,80, sendo de R\$ 77.990,00 o custo do gerador e R\$ 87.730,80 a instalação e demais itens.

Segundo Balarim (1996), em casos que a potência do gerador do sistema hidrelétrico é menor

que 100 kW, a transmissão de energia elétrica ocorre sem dispositivos elevação e rebaixamento de tensão. Devido à pequena distância até o centro de consumo, o projeto padrão prevê a transmissão de energia em baixa tensão.

#### **4.6. Valor residual**

Em consoante com a EFEI (2000), esse procedimento não tem sido muito adotado por causa da dificuldade em se estimar o valor residual, numa economia instável como à brasileira.

#### **4.7. Depreciação**

Segundo o Ministério da Fazenda (2019), a taxa de depreciação anual para turbinas hidráulicas, rodas hidráulicas, e seus reguladores, com o código NCM (Nomenclatura Comum do MERCOSUL) 8410, corresponde a 10% do seu valor com um prazo de vida útil de 10 anos.

#### **4.8. Taxa ANEEL**

A TFSEE (Taxa de Fiscalização de Serviços de Energia Elétrica), é revertida à ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica), sendo equivalente a 0,5% do valor do benefício econômico anual auferido pelos concessionários, permissionários ou autorizados, inclusive os produtores independentes e os autoprodutores. (ANEEL, 2012). A Taxa é calculada conforme a Eq. (8):

$$TF t = \frac{0,5}{100} x Pa t \quad (8)$$

Em que:

TF t – Valor anual da TFSEE das concessionárias de transmissão de energia elétrica em R\$;

Pa t – Somatório da receita faturada pelo uso da rede de transmissão em R\$.

#### **4.9. Análise de investimentos**

Na análise de investimentos foi verificada a viabilidade econômica através das ferramentas descritas no referencial teórico. Vale lembrar que a TMA a ser utilizada neste projeto foi considerada 10,17% ao ano, dado colhido com a COPASA.

#### **4.10. Payback**

Realizando a Equação (1) obtém-se um *Payback* de 1 ano e 2 meses.

#### **4.11. Valor presente líquido**

Realizando a Equação (2) obtém-se um VPL de R\$1.160.883,64, sendo assim, de acordo com o que foi descrito no referencial teórico, a instalação do sistema possui um VPL positivo e é viável.

#### **4.12. Taxa interna de retorno**

Realizando a Equação (5), obtém-se uma TIR de 85%. Sendo assim, a instalação do sistema possui uma TIR maior que a TMA adotada pela COPASA (10,17%), e é viável.

#### **4.13. Análise de sensibilidade**

Após a análise de investimento, foi realizada a análise de sensibilidade com o intuito de verificar quais as variáveis mais impactam na viabilidade do projeto, através da análise do VPL. Definiu-se uma variação de  $\pm 10\%$  com uma distribuição normal nas seguintes variáveis conforme o Quadro 2.

Quadro 2 - Variáveis e variações

<b>Variáveis</b>	<b>Variação</b>
Estudos iniciais	±10 %
Desenvolvimento	±10 %
Engenharia	±10 %
Turbinas, geradores, reguladores, painéis	±10 %
Instalação	±10 %
Transporte	±10 %
Tubulação	±10 %
Casa de máquinas	±10 %
Subestação e linhas de transmissão	±10 %
Transporte	±10 %

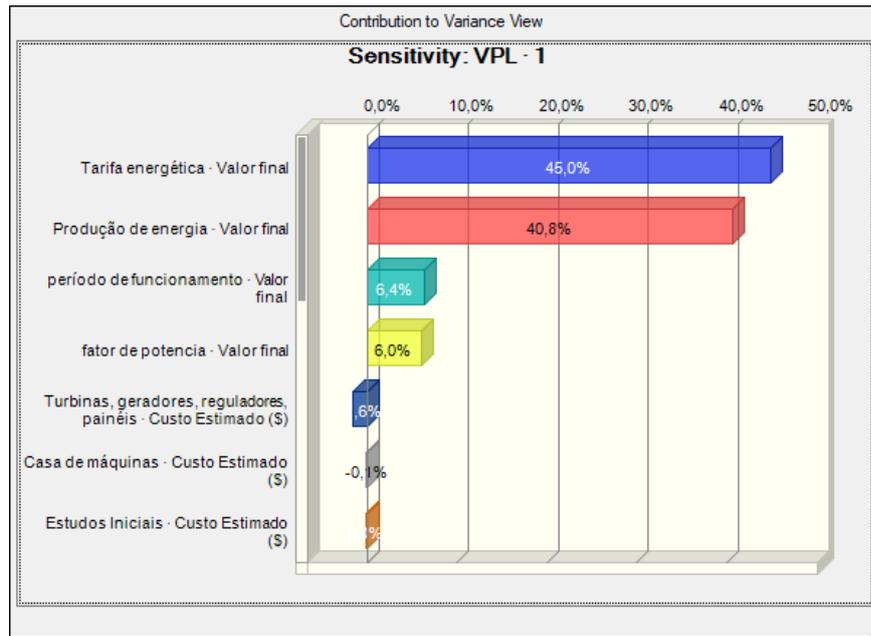
Também foi definida uma variação conforme descrita na Tabela 3 para uma distribuição triangular.

Tabela 3 - Variação de distribuição triangular

	<b>Valor Mínimo</b>	<b>Valor Ideal</b>	<b>Valor Máximo</b>
Tarifa energética	R\$ 0,4093	R\$ 0,4637	R\$ 0,6203
Produção de energia	40 kVA	59 kVA	60 kVA
Fator de potência	85%	90%	95%
Período de funcionamento	300 dias	345 dias	353 dias
Despesas e custos	-8%	-8%	-7%

Após a simulação realizada pelo software CrystalBall®, foi gerado o gráfico de sensibilidade conforme Figura 8. Analisando a Figura 8, percebe-se que as variáveis mais impactantes no projeto são Tarifa energética, Produção de energia, Período de funcionamento e Fator de potência, ou seja, o VPL possui uma maior sensibilidade à oscilação dessas variáveis.

Figura 8 - Gráfico de Sensibilidade

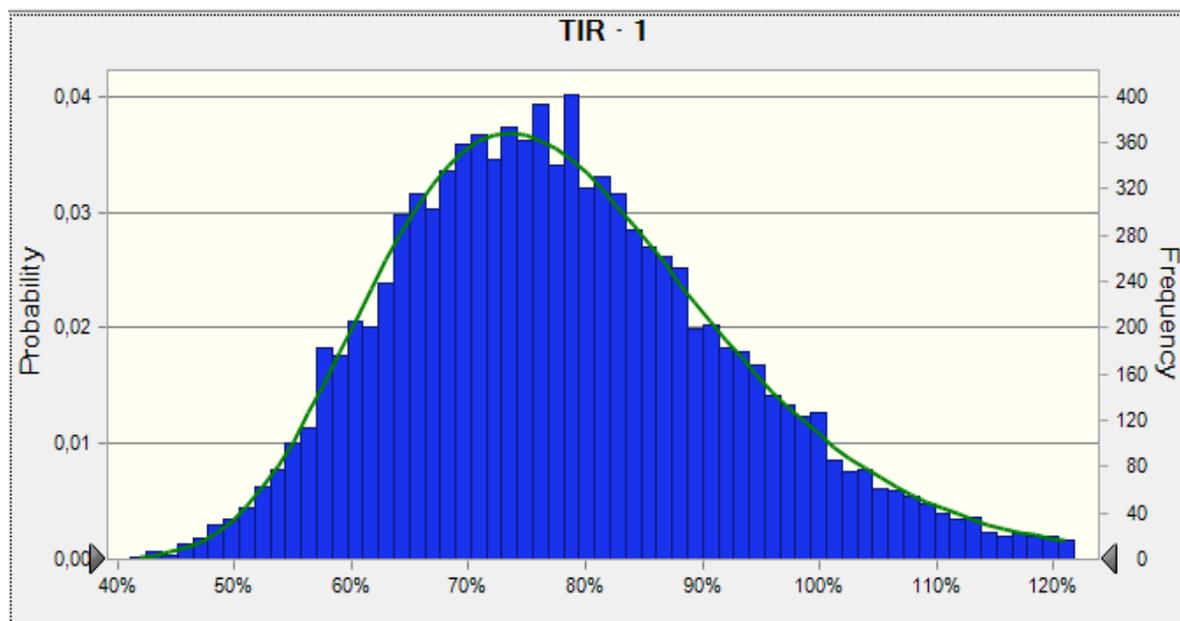


#### 4.14. Análise de risco

A partir da identificação das variáveis que mais impactam a viabilidade econômica do projeto, foi executada a análise de risco. Esta análise considerou a variável Produção de Energia, Fator de potência e Período de funcionamento conforme as especificações dadas pelo fabricante. Uma distribuição de probabilidade uniforme foi associada à variável Tarifa energética.

O pressuposto para a Produção de energia pautou-se em uma média de 53 kVA, com um desvio padrão de 4,60 kVA. Já o pressuposto do Período de funcionamento, pautou-se em uma média de 333 dias, com um desvio padrão de 12 dias, a variável Fator de potência com uma média de 89% e um desvio padrão de 3%, e a tarifa energética com a média de R\$0,50 e desvio padrão de R\$0,04. Com base nesses dados e utilizando o software CrystalBall®, foi executada a SMC com 10.000 interações. Ao final da simulação constatou-se que a TIR, para este projeto, possui uma média de 79%, com um desvio padrão de 15%, limite superior de 41% e inferior de 190%, como mostra a Figura 9.

Figura 9 - Distribuição da TIR



Ao se analisar os dados gerados pela SMC e comparando com a TMA da COPASA, verifica-se que há 100% de probabilidade da TIR ser maior que a TMA. Portanto, ao fazer uma análise de risco, conclui-se que o projeto é viável.

## 5. Conclusão

O objetivo deste trabalho foi verificar a viabilidade econômica da instalação de um sistema de geração hidrelétrica na COPASA situada em Belo Horizonte/MG. Pela análise determinística, obteve-se um *Payback* de 1 ano e 2 meses, um VPL positivo de R\$1.160.883,64 e uma TIR de 85%, superior a TMA. Por este método, conclui-se que o projeto é viável.

Subsequente a análise determinística, realizou-se duas análises estocásticas: sensibilidade e risco. A análise de sensibilidade ponderou a significância da Produção Anual de Energia e do Investimento, sendo as duas variáveis mais impactantes ao projeto. Por último, a análise de risco complementou a análise determinística, ao gerar uma distribuição de probabilidade que, em 100% dos casos, obteve uma TIR maior que a TMA da COPASA.

Portanto, recomenda-se realizar a execução do projeto de geração de energia hidráulica, pois, ao se analisar as principais ferramentas de Engenharia Econômica, os resultados sugerem que o projeto é viável.

## REFERÊNCIAS

ABBUD, O. A.; TANCREDI, M. Transformações Recentes da Matriz Brasileira de Geração de Energia Elétrica – Causas e Impactos Principais. Centro de Estudos da Consultoria do Senado. Brasil., n. 1983-0645, p. 64, 2010.

ANEEL. Nota Técnica nº 128/2009-SEM/ANEEL. p. 107, 2009.

ANEEL. Micro e minigeração distribuídas. Cadernos Temáticos ANEEL, v. 2, p. 34, 2016.

AQUILA, G. *et al.* Wind power generation: An impact analysis of incentive strategies for cleaner energy provision in Brazil. *Journal of Cleaner Production*, v. 137, p. 1100–1108, 20 nov. 2016.

BALARIM, C. R. Avaliação Expedita do Custo de Implantação de Micro Centrais Hidrelétricas. 1996.

BERTRAND, J. W. M.; FRANSOO, J. C. Operations management research methodologies using quantitative modeling. *International Journal of Operations and Production Management*, v. 22, n. 2, p. 241–264, 2002.

BIENES, M. D. E. 4.1. Energia Hidráulica. Atlas de energia elétrica do Brasil, v. 2, p. 71–94, 2003.

BORGES JÚNIOR, J. C. F. et al. Modelo computacional para suporte à decisão em áreas irrigadas. Parte I: Desenvolvimento e análise de sensibilidade. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 12, n. 1, p. 3–11, fev. 2008.

COPASA. Saneamento - Tratamento e abastecimento de água. Programa Chuá - Educação Sanitária e Ambiental da Copasa, 2018.

CORRAR, L. J. .; THEÓPHILO, C. R. Pesquisa Operacional Para Decisão Em Contabilidade e Administração - Contabilometria. 2. ed. São Paulo, 2004.

EFEI. Estudo de Vida Útil Econômica e Taxa de Depreciação. ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica, v. 1/2, p. 363, 2000.

FAZENDA. Taxa anual de depreciação. v. 39, n. 5, p. 561–563, 2019.

FILHO, G. L. T. et al. Série Energias Renováveis : HIDRAULICA. 1. ed. Itajubá: MME e FAPEPE, 2007.

FILHO, N. C.; KOPITTKKE, B. H. Análise de investimentos: matemática financeira, engenharia econômica, tomada de decisão, estratégia empresarial. 9ª edição. São Paulo: Atlas, 2000.

FISCALIZAÇÃO, T. D. E.; TFSEE, E. Submódulo 5.5. p. 1–9, 2015.

GITMAN, L. J. Princípios de administração financeira. 10. ed. Sao Paulo, 2012.

HIRSCHFELD, H. Engenharia econômica e análise de custos: aplicações práticas para economistas, engenheiros, analistas de investimentos e administradores. 7. ed. Sao Paulo, 2009.

METROPOLIS, N.; ULAM, S. The Monte Carlo Method Author ( s ): Nicholas Metropolis and S . Ulam Source. Journal of American Statistical Association, v. 44, n. 247, p. 335–341, 2008.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. Boletim mensal de Monitoramento do Sistema Elétrico Brasileiro - Junho / 2018. Ministerio de Minas e Energia, p. 26, 2018.

MITROFF, I. I. . et al. On Managing Science in the Systems Age: Two Schemas for the Study of Science as a Whole Systems Phenomenon. Interfaces, v. 4, No. 3, n. 00922102, p. 46–58, 1974.

NARDELLI, P. M.; MACEDO, M. A. DA S. Análise de um projeto agroindustrial utilizando a Teoria de Opções Reais: a opção de adiamento. Rev. Econ. Sociol. Rural, v. 49, n. 0103-

2003, p. 941–966, 2011.

PILÃO, N. E.; HUMMEL, P. R. V. Matemática financeira e engenharia econômica: a teoria e a prática da análise de projetos de investimentos. Sao Paulo, 2016.

ROBBUS, C. L. L. . et al. ROBUS, C.; GOTTUMUKKALA, L.; VAN RENSBURG, E.; GÖRGENS, J. Feasible process development and techno-economic evaluation of paper sludge to bioethanol conversion: South African paper mills scenario. Renewable Energy, 92, pp.333-345, 2016. Renewable Energy, v. 92, p. 333–345, 2016.

SANCHES, A. L. *et al.* Análise de sensibilidade na avaliação de investimentos por “DOE” simulado. Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia, v. 6, p. 12, 2003.

SILVA, R. M. Análise da viabilidade econômica da implantação de um sistema de energia fotovoltaica em área fabril. p. 1–20, 2016.

SOSNOSKI, A. S. K. B. Produção de energia por mini e micro hidrelétricas na rede de distribuição de água. [s.l.] Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2015.

TURRIONI, J. B.; MELLO, C. H. P. Metodologia de pesquisa em engenharia de produção. Universidade Federal de Itajubá - UNIFEI, p. 191, 2012.

**ANEXO A – Fluxo de Caixa**

<b>Período</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
Receita Líquida de Vendas		R\$ 217.440,62	R\$ 222.876,63	R\$ 228.448,55	R\$ 234.159,76
- Despesas e Custos		-R\$ 17.395,25	-R\$ 17.830,13	-R\$ 18.275,88	-R\$ 18.732,78
Taxa ANEEL		-R\$ 1.087,20	-R\$ 1.114,38	-R\$ 1.142,24	-R\$ 1.170,80
Depreciação		R\$ 16.563,08	R\$ 16.563,08	R\$ 16.563,08	R\$ 16.563,08
Lucro Antes Tributos		R\$ 215.521,24	R\$ 205.046,50	R\$ 210.172,66	R\$ 215.426,98
- IRPJ		-R\$ 53.880,31	-R\$ 51.261,63	-R\$ 52.543,17	-R\$ 53.856,74
CSLL		-R\$ 19.396,91	-R\$ 18.454,19	-R\$ 18.915,54	-R\$ 19.388,43
Lucro Líquido		R\$ 142.244,02	R\$ 135.330,69	R\$ 138.713,96	R\$ 142.181,81
- Investimentos	-R\$ 165.630,80				
+ Valor Residual					
<b>Fluxo de Caixa</b>	<b>-R\$ 165.630,80</b>	<b>R\$ 142.244,02</b>	<b>R\$ 135.330,69</b>	<b>R\$ 138.713,96</b>	<b>R\$ 142.181,81</b>

<b>Período</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>
Receita Líquida de Vendas	R\$ 240.013,75	R\$ 246.014,10	R\$ 252.164,45	R\$ 258.468,56	R\$ 264.930,28
- Despesas e Custos	-R\$ 19.201,10	-R\$ 19.681,13	-R\$ 20.173,16	-R\$ 20.677,48	-R\$ 21.194,42
Taxa ANEEL	-R\$ 1.200,07	-R\$ 1.230,07	-R\$ 1.260,82	-R\$ 1.292,34	-R\$ 1.324,65
Depreciação	R\$ 16.563,08				
Lucro Antes Tributos	R\$ 220.812,65	R\$ 226.332,97	R\$ 231.991,29	R\$ 237.791,08	R\$ 243.735,85
- IRPJ	-R\$ 55.203,16	-R\$ 56.583,24	-R\$ 57.997,82	-R\$ 59.447,77	-R\$ 60.933,96
CSLL	-R\$ 19.873,14	-R\$ 20.369,97	-R\$ 20.879,22	-R\$ 21.401,20	-R\$ 21.936,23
Lucro Líquido	R\$ 145.736,35	R\$ 149.379,76	R\$ 153.114,25	R\$ 156.942,11	R\$ 160.865,66
- Investimentos					
+ Valor Residual					
<b>Fluxo de Caixa</b>	<b>R\$ 145.736,35</b>	<b>R\$ 149.379,76</b>	<b>R\$ 153.114,25</b>	<b>R\$ 156.942,11</b>	<b>R\$ 160.865,66</b>

<b>Período</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>
Receita Líquida de Vendas	R\$ 271.553,53	R\$ 278.342,37	R\$ 285.300,93	R\$ 292.433,45	R\$ 299.744,29
- Despesas e Custos	-R\$ 21.724,28	-R\$ 22.267,39	-R\$ 22.824,07	-R\$ 23.394,68	-R\$ 23.979,54
Taxa ANEEL	-R\$ 1.357,77	-R\$ 1.391,71	-R\$ 1.426,50	-R\$ 1.462,17	-R\$ 1.498,72
Depreciação	R\$ 16.563,08				
Lucro Antes Tributos	R\$ 249.829,25	R\$ 256.074,98	R\$ 262.476,86	R\$ 269.038,78	R\$ 275.764,75
- IRPJ	-R\$ 62.457,31	-R\$ 64.018,75	-R\$ 65.619,21	-R\$ 67.259,69	-R\$ 68.941,19
CSLL	-R\$ 22.484,63	-R\$ 23.046,75	-R\$ 23.622,92	-R\$ 24.213,49	-R\$ 24.818,83
Lucro Líquido	R\$ 164.887,30	R\$ 169.009,49	R\$ 173.234,72	R\$ 177.565,59	R\$ 182.004,73
- Investimentos					
+ Valor Residual					
<b>Fluxo de Caixa</b>	<b>R\$ 164.887,30</b>	<b>R\$ 169.009,49</b>	<b>R\$ 173.234,72</b>	<b>R\$ 177.565,59</b>	<b>R\$ 182.004,73</b>

<b>Período</b>	15	16	17	18	19
Receita Líquida de Vendas	R\$ 307.237,90	R\$ 314.918,84	R\$ 322.791,82	R\$ 330.861,61	R\$ 339.133,15
- Despesas e Custos	-R\$ 24.579,03	-R\$ 25.193,51	-R\$ 25.823,35	-R\$ 26.468,93	-R\$ 27.130,65
Taxa ANEEL	-R\$ 1.536,19	-R\$ 1.574,59	-R\$ 1.613,96	-R\$ 1.654,31	-R\$ 1.695,67
Depreciação					
Lucro Antes Tributos	R\$ 282.658,87	R\$ 289.725,34	R\$ 296.968,47	R\$ 304.392,68	R\$ 312.002,50
- IRPJ	-R\$ 70.664,72	-R\$ 72.431,33	-R\$ 74.242,12	-R\$ 76.098,17	-R\$ 78.000,62
CSLL	-R\$ 25.439,30	-R\$ 26.075,28	-R\$ 26.727,16	-R\$ 27.395,34	-R\$ 28.080,22
Lucro Líquido	R\$ 186.554,85	R\$ 191.218,72	R\$ 195.999,19	R\$ 200.899,17	R\$ 205.921,65
- Investimentos					
+ Valor Residual					
Fluxo de Caixa	R\$ 186.554,85	R\$ 191.218,72	R\$ 195.999,19	R\$ 200.899,17	R\$ 205.921,65

<b>Período</b>	20
Receita Líquida de Vendas	R\$ 347.611,48
- Despesas e Custos	-R\$ 27.808,92
Taxa ANEEL	-R\$ 1.738,06
Depreciação	
Lucro Antes Tributos	R\$ 319.802,56
- IRPJ	-R\$ 79.950,64
CSLL	-R\$ 28.782,23
Lucro Líquido	R\$ 211.069,69
- Investimentos	
+ Valor Residual	
Fluxo de Caixa	R\$ 227.632,77

# Capítulo 6

## ESTUDO DO EFEITO DO TRATAMENTO TÉRMICO DE ALÍVIO DE TENSÕES NA MICROESTRUTURA E TAMANHO DE GRÃO DE UM AÇO MICROLIGADO

Leandro Macedo Cozza

José de Souza

Marcos Fernando da Silva Junior

Jorge Luis Braz Medeiros

Luciano Volcanoglo Biehl

Carlos Otávio Dama Martins

Frederico Sporket

# ESTUDO DO EFEITO DO TRATAMENTO TÉRMICO DE ALÍVIO DE TENSÕES NA MICROESTRUTURA E TAMANHO DE GRÃO DE UM AÇO MICROLIGADO

Leandro Macedo Cozza

José de Souza

Marcos Fernando da Silva Junior

Jorge Luis Braz Medeiros

Luciano Volcanoglo Biehl

Carlos Otávio Dama Martins

Frederico Sporket

## Resumo

O tratamento térmico de alívio de tensões nos aços microligados pode comprometer as propriedades mecânicas e metalúrgicas, pois as mesmas são obtidas por processamento termomecânico. Neste sentido, é importante avaliar o efeito destes ciclos térmicos no comportamento destes aços. Os resultados demonstraram metal de base constituído por ferrita e perlita e tamanho de grão com 12  $\mu\text{m}$ . Na zona afetada pelo calor a microestrutura ficou constituída por ferrita, perlita e bainita, com grãos refinados que ficaram 50% menores que no metal de base. Na região de intersecção com a zona de fusão os grãos apresentaram-se na mesma faixa do metal de base, sendo contituidos de ferrita/bainita e martensita. Na zona de fusão verificou-se a presença de ferrita acicular, bainita e martensita apresentando tamanho de grão com 20  $\mu\text{m}$ . Comprovou-se com análise estatística que as variações do tamanho de grão após o tratamento térmico não diferem significativamente daquelas encontradas anteriormente.

**Palavras-chave:** AH36. aço microestrutural. alívio de tensões.

## 1. Introdução

Empregado na construção de cascos em plataformas de petróleo, os aços microligados podem apresentar problemas de integridade estrutural devido à perda de propriedades mecânicas e

metalúrgicas provocada por ciclos térmicos de soldagem. Até a década de 80, eram utilizados aços padrão na construção de plataformas *off-shore*.

No entanto, devido à maior exatidão dos requisitos de projeto, especialmente na tenacidade à fratura, foram desenvolvidos os aços *thermomechanical controlled processing* (TMCP) (LIMA, 2011). Esses materiais estão substituindo outros tipos de aços, incluindo aços estruturais, principalmente devido às suas boas propriedades mecânicas e sua soldabilidade associada à composição química (baixo carbono) e ao processo TMCP.

Nestes aços, alguns tratamentos térmicos podem danificar irreversivelmente a integridade da junta soldada, uma vez que as propriedades físicas e mecânicas foram obtidas pelo processamento termomecânico e não apenas pelas taxas de resfriamento (DE MEESTER, 1997). Neste caso, o tratamento térmico para alívio de tensões (TTAT) aparece como uma alternativa que pode preservar suas propriedades mecânicas, microestrutura e distribuição de tensões residuais, por ser realizado em temperaturas inferiores a temperatura de recristalização da grande maioria dos aços.

No contexto apresentado, é importante avaliar o efeito do tratamento térmico subcrítico no comportamento da microestrutura deste tipo de aço e a sua contribuição para o entendimento da metalurgia da soldagem através do estudo do processo de aquecimento em temperaturas mais baixas e reduzidas taxas de resfriamento após a soldagem de aços baixo carbono e microligados.

## **2. Resumo do estado da arte**

Os aços microligados são produzidos por técnicas de laminação controlada e também por resfriamento acelerado, a fim de se obter resistência mecânica e tenacidade com reduzida adição de elementos de liga. Estes elementos promovem a formação de precipitados que ancoram o crescimento de grão austenítico na zona afetada pelo calor (ZAC), também apresentando este comportamento com as taxas de resfriamento encontradas nas soldagens multipasses (LIMA, 2011).

Ainda conforme Lima (2011) a análise química do aço microligado ASTM A131 AH36 revelou níveis muito baixos de carbono, nitrogênio, fósforo e enxofre e quantidades equilibradas de nióbio, titânio e vanádio. A literatura mostra que este balanço químico adequado e o baixo carbono equivalente (Ceq), juntamente com o ciclo termomecânico de processamento, asseguraram excelente resistência mecânica e tenacidade do metal de base e

também da ZAC e ainda com ausência de precipitados frágeis (LIMA, 2011).

Com a finalidade de obter aporte térmico apropriado na zona afetada pelo calor na região com grãos com maior crescimento (ZACGG) do aço microligado de alta resistência laminado a quente V–N, foram investigadas quatro diferentes aportes térmicos em relação a evolução microestrutural, dureza e tenacidade. Os resultados indicaram que o aporte moderado foi considerado ideal com microestrutura formada por ferrita poligonal fina, bainita granular e ferrita acicular com precipitados dispersivos em nano escala de V (C, N) (HU *et al.*, 2013).

A evolução microestrutural e as propriedades mecânicas de um aço X100 foram investigadas com base nos conceitos de TMCP e *high-temperature processing* (HTP). O aço TMCP possui predominantemente ferrita acicular quando a temperatura final de resfriamento acelerado esteve na faixa de 430 a 540 °C. No entanto, se espera que o aço HTP tenha principalmente ferrita acicular formada, a temperatura final de resfriamento acelerado próxima de 450 °C; sob condição similar de parâmetros de processo, o aço TMCP possui propriedades mecânicas superiores em comparação com o aço HTP, o que pode ser explicado pela evolução microestrutural. A excelente tenacidade ao impacto das amostras de TMCP é atribuída principalmente à ferrita acicular e à pequena ferrita poligonal formada como fases de endurecimento por refino de grão e ambos os aços têm distribuição de tamanho semelhante de precipitados com três morfologias principais, sugerindo que seu efeito de fortalecimento de precipitação é semelhante (LANT *et al.*, 2017).

Ainda segundo Lant *et al.* (2017) a influência do aporte de calor e da zona fundida (ZF) na soldagem com único passe e na multipasses de um aço microligado pelo processo FCAW causou um aumento no tamanho de grão na ZACGG para todas as condições, sendo este efeito mais acentuado em altos aportes térmicos e uma diminuição de dureza na zona afetada pelo calor de grãos finos (ZACGF). Nos corpos de prova, foi observada uma estrutura de ferrita com lâminas finas de bainita para aportes elevados e um aumento de ferrita acicular à custa de uma menor porcentagem de ferrita com baixo aporte de calor. Na ZACGF também foi observada uma estrutura de ferrita poligonal recristalizada.

Na soldabilidade de um aço ligado TMCP para tanques de lastro foi verificado, por microscopia óptica, que o metal de base consistia de grãos equiaxiais e recristalizados (ferrita e perlita) com alguns grãos perlíticos alongados. A estrutura do material de base foi formada por ferrita/perlita em processo de bandeamento (BAERE *et al.*, 2017).

Na soldagem de um aço microligado a microestrutura da ZAC para ambos os experimentos incluiu ferrita poligonal, ferrita de contorno de grão, ferrita com segunda fase alinhada/não

alinhada, ferrita com carbonetos e microconstituintes de martensita/ austenita (MA). Os resultados do tamanho de grão do metal de base mostram um intervalo de 8 a 17  $\mu\text{m}$ . Especificamente, o tamanho do grão de ferrita e a estrutura bandeada são devidos a mudanças microestruturais que ocorrem durante o processamento TMCP. A temperatura durante o processo de soldagem na ZAC é elevada o suficiente para permitir a transformação parcial da austenita a partir da região intercrítica (RIBEIRO *et al.*, 2016).

Na soldabilidade do aço ligado (TMCP) para tanques de lastro foram encontradas microestruturas constituídas por ferrita e perlita, com tamanho médio entre 20 e 30  $\mu\text{m}$  (BAERE *et al.*, (2017).

Os efeitos sobre a microestrutura do aço TMCP devido ao ciclo térmico, seja de soldagem ou tratamento térmico, podem ser em alguns casos irreversíveis. Novos tratamentos térmicos não restaurarão as propriedades físicas e mecânicas, pois foram obtidos pelo tratamento termomecânico do processo TMCP e não apenas pelo tratamento térmico. A temperatura máxima de TTAT é geralmente limitada a 600 °C pela literatura (LIMA, 2011).

Os aços TMCP não devem ser tratados termicamente pelos ciclos convencionais de normalização, normalização seguida de revenimento ou têmpera. Tais tratamentos térmicos irão deteriorar as propriedades de resistência à tração e/ou tenacidade originais. Se o TTAT for exigido pelos padrões de fabricação do equipamento, ele deverá ser executado com o único propósito de relaxar as tensões residuais e não para melhorar as propriedades mecânicas e metalúrgicas, como é feito com frequência com os aços carbono e baixa liga. Os requisitos dos padrões de fabricação baseiam-se na experiência com os aços C-Mn-Si-S-P e não foram revisados para os aços TMCP. Se exigido pelos padrões de fabricação e montagem e especificações de projeto, o TTAT deve ser executado em temperaturas inferiores de 600 °C para minimizar os efeitos prejudiciais nas propriedades mecânicas. Técnicas alternativas de alívio de tensões a frio, como martelamento, também devem ser consideradas (DE MEESTER, 1997).

Estudos com um aço TMCP não microligado com carbono equivalente de 0,38 e TTAT (600 °C/2h) indicaram que não houve melhora significativa da microdureza e dureza na ZAC e no metal base, e que esses resultados são consistentes com as observações metalográficas que demonstraram que a microestrutura não foi significativamente alterada. Ainda assim, os pesquisadores afirmam que, por causa do baixo carbono equivalente dos aços TMCP, o alívio de tensões não promove variações significativas na microestrutura; este fato permite prever uma boa tenacidade para o metal de base e para a ZAC (TSAY *et al.*, 1999).

### **3. Materiais e métodos**

#### **3.1. Materiais**

Como suporte as atividades desenvolvidas durante o trabalho de pesquisa, foram utilizados diferentes equipamentos, listados a seguir:

- Material de base: chapa de aço microligado com espessura de 12,5 mm;
- Equipamento de soldagem por eletrodo tubular e gás ativo;
- Máquina de serra-fita;
- Fornos elétricos a resistência;
- Preparação metalográfica: cortadeira metalográfica, lixadeira metalográfica e politriz metalográfica;
- Caracterização metalúrgica: microscópio óptico de luz refletida com sistema de análise de imagens - Olympus GX 51S e espectrômetro de emissão óptica para análise de ligas Oxford Foundry Master-Pro.

#### **3.2. Metodologia**

A primeira etapa consistiu da obtenção das amostras para análise de composição química realizada por espectrometria de emissão óptica.

O passo seguinte foi a preparação dos corpos de prova e posterior soldagem do aço microligado no processo eletrodo tubular.

Após a soldagem as amostras que receberam o ciclo de alívio de tensões foram aquecidas em forno a 600 °C por duas horas (sem atmosfera controlada). Após o desligamento do forno, as amostras permaneceram no interior por um período de 24 horas, com uma taxa de resfriamento reduzida até a temperatura ambiente.

Em seguida as amostras passaram para a etapa de preparação metalográfica. Nesta etapa as amostras (sem tratamento térmico e com tratamento térmico) foram analisados no metal de base, zona afetada pelo calor e zona de fusão em um total de 9 análises por região.

A próxima fase consistiu na caracterização metalúrgica através da utilização do microscópio óptico para captura das imagens da microestrutura das zonas de soldagem.

Finalizando-se pela etapa de análise do tamanho de grãos ferríticos medidos pelo método planimétrico que consistiu na contagem do número de grãos dentro de uma área conhecida de acordo com a norma ASTM E112 (2013).

Foi realizada análise estatística por meio de análise de variância (ANOVA) e posterior análise pelo teste de *Tukey* para comparação de diferenças significativas entre as médias do tamanho de grão após o alívio de tensões.

## 4. Resultados e discussões

### 4.1. Composição química

A tabela 1 apresenta a composição química analisada para o aço microligado utilizado neste trabalho.

Tabela 1 – Composição química do aço

Elemento químico	Análise 1 (%)	Análise 2 (%)	Análise 3 (%)	Média (%)	Desvio Padrão (%)
C	0,0961	0,0877	0,0949	<b>0,0929</b>	0,0037
Mn	1,4400	1,4300	1,4500	<b>1,4400</b>	0,0082
Si	0,2920	0,2790	0,3210	<b>0,2973</b>	0,0176
P	0,0065	0,0071	0,0078	<b>0,0071</b>	0,0005
S	0,0121	0,0113	0,0105	<b>0,0133</b>	0,0007
Al	0,0278	0,0338	0,0478	<b>0,0365</b>	0,0084
Cu	0,0119	0,0124	0,0139	<b>0,0127</b>	0,0008
Cr	0,0095	0,0088	0,0096	<b>0,0093</b>	0,0004
Ni	0,0108	0,0105	0,0110	<b>0,0108</b>	0,0002
Nb	0,0318	0,0317	0,0310	<b>0,0315</b>	0,0004
Ti	0,0146	0,0147	0,0145	<b>0,0146</b>	0,0001
V	0,0010	0,0010	0,0010	<b>0,0010</b>	0,0000
Mo	0,0010	0,0010	0,0010	<b>0,0010</b>	0,0000
Ceq	0,3399	0,3297	0,3405	<b>0,3367</b>	0,0050

Fonte: Os autores (2018)

Todos os elementos encontraram-se dentro dos valores estipulados pela Norma *American Society for Testing and Materials* (ASTM) A131A/A131M (2001).

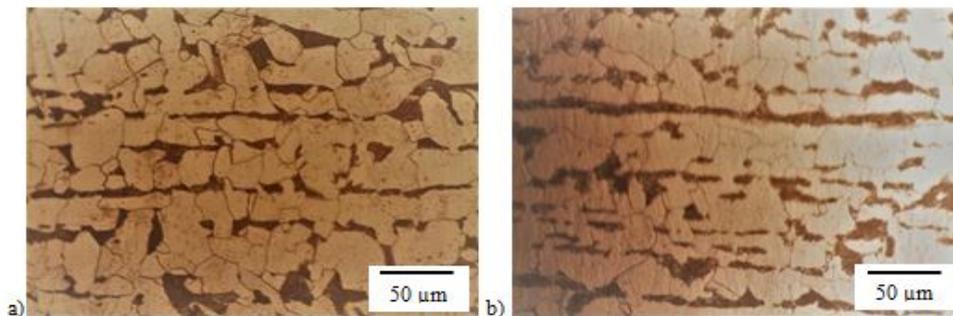
Cabe salientar a baixa quantidade de carbono característica dos aços microligados produzidos pelo processo TMCP e consequente baixo carbono equivalente possibilitando uma boa soldabilidade para estes aços inclusive omitindo o fator pré e pós-aquecimento quando da aplicação da soldagem.

Outro fator importante detectado na análise química foram as quantidades encontradas de Nióbio, Titânio e ainda traços de Vanádio e Molibdênio em sua composição. Estes elementos químicos associados ao processo de fabricação contribuem para as excelentes propriedades mecânicas para destes materiais, apesar da quantidade de carbono limitada.

#### 4.2. Comparação entre a microestrutura do metal de base, antes e após o tratamento térmico

A figura 1 mostra a presença de ferrita e perlita. Na amostra é possível verificar a estrutura de bandeamento característico, o qual é típico do processo TMCP desses tipos de aço.

Figura 1 - Caracterização do MB (50x): a) antes do TTAT e b) depois do TTAT



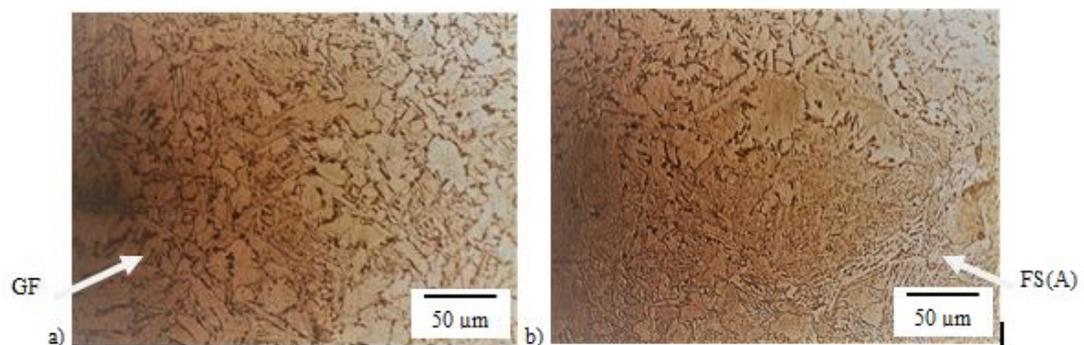
Fonte: Os autores (2018)

O material original apresentou bandeamento. Após o alívio de tensões, a ferrita seletiva e perlita continuaram no metal de base, identificando que ela não apresentou dispersão em sua morfologia com o tratamento subcrítico. Para eliminação do bandeamento seria necessário causar uma conformação mecânica e um tratamento térmico de normalização no material. Já na região da zona afetada pelo calor e da zona fundida o alívio de tensões poderia contribuir para a diminuição parcial ou total das tensões residuais que por ventura surgissem devido à soldagem realizada.

### 4.3. Comparação entre a microestrutura da ZACGG antes e após o tratamento térmico

Após a análise do metal de base, foi realizada a análise microestrutural da ZAC. Primeiramente foram analisados os microconstituintes da ZACGG como pode ser visto na figura 2. Deve-se notar que as amostras foram analisadas novamente antes e após o tratamento térmico.

Figura 2 – Caracterização da ZACGG (50x): a) antes do TTAT e b) depois do TTAT



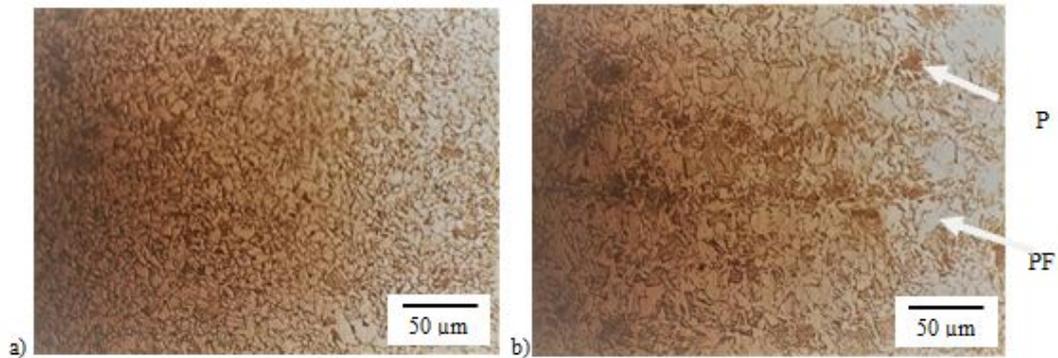
Fonte: Os autores (2018)

As transformações microestruturais nesta região são afetadas pelo ciclo térmico e pelos passes subsequentes. Assim, o pico de temperatura do último passe excede a temperaturas da região intercrítica e, com o resfriamento, a microestrutura foi constituída de ferrita de contorno de grão (GF), ferrita poligonal (PF) e ferrita alinhada com carbonetos (FS (A)), ferrita desalinhada com carbonetos FS (NA) e ferrita com carbonetos agregados (FC) além de martensita.

### 4.4. Comparação entre a microestrutura da ZACGF antes e após o tratamento térmico

A estrutura foi então formada por perlita (P) e ferrita poligonal (PF) formada pela decomposição de austenita em altas temperaturas (figura 3).

Figura 3 – Caracterização da ZACGF (50x): a) antes do TTAT e b) depois do TTAT



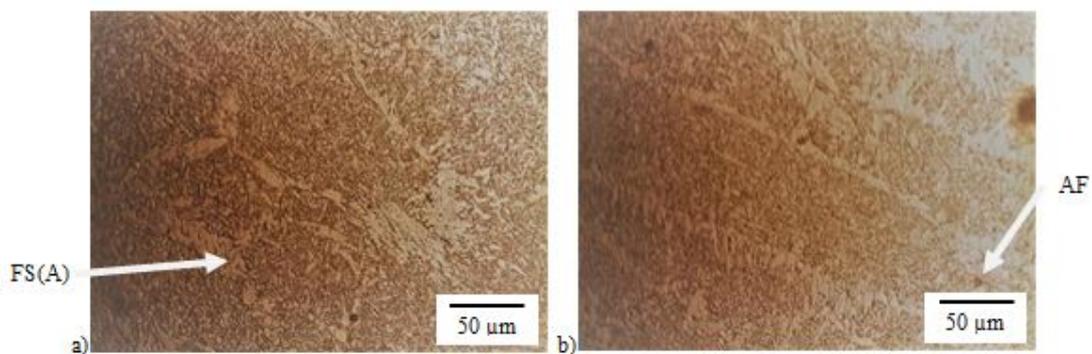
Fonte: Os autores (2018)

Nesta região durante a soldagem a temperatura foi suficiente para formar a austenita, entretanto o pico de temperatura alcançado não é suficiente para dissolver os precipitados (carbonetos e nitretos) conforme verificado também no trabalho de Ribeiro *et al.* (2016).

#### 4.5. Comparação entre a microestrutura da zona fundida antes e após o tratamento térmico

Na zona fundida verificou-se uma microestrutura formada por ferrita de contorno de grão (FG), ferrita acicular (FA) e ferrita com segunda fase alinhada (FS (A)) que se desenvolveu a partir da ferrita de contorno de grão (GF) (figura 4).

Figura 4 – Caracterização da MS (50x): a) antes do TTAT e b) depois do TTAT



Fonte: Os autores (2018)

#### 4.6. Comparação entre o tamanho de grão das regiões da junta soldada antes do tratamento térmico

As imagens obtidas por microscopia óptica mostraram metal de base (estrutura bandeada) com presença de ferrita com granulometria de 12  $\mu\text{m}$ . O tamanho de grão ferrítico na ZACGF foi 50% menor que no MB. Na zona fundida foram observados grãos com 20  $\mu\text{m}$ . Na tabela 2 pode ser visto o comparativo mais detalhado entre o tamanho do grão nas regiões da junta soldada.

Tabela 2 – Tamanho de grão conforme a região da junta soldada

	Tamanho 1 ( $\mu\text{m}$ )	Tamanho 2 ( $\mu\text{m}$ )	Tamanho 3 ( $\mu\text{m}$ )	Média ( $\mu\text{m}$ )	Desvio padrão ( $\mu\text{m}$ )
MB	13	12	12	<b>12</b>	0,4714
ZACGF	6	5	6	<b>6</b>	0,4714
ZACGG	13	13	13	<b>13</b>	0,0000
ZF	21	19	20	<b>20</b>	0,8165

Fonte: Os autores (2018)

Na região mencionada é possível relacionar o tamanho do grão aos ciclos térmicos. Nesta região o tempo não é suficiente para dissolver completamente os precipitados, impedindo o crescimento do grão austenítico. O grão no ZACGG encontrou-se na mesma faixa do MB, já que na soldagem multipasse a microestrutura pode ser afetada pelos ciclos térmicos e refinada pelas passagens subsequentes de soldagem conforme verificado também no trabalho de Ribeiro *et al.* (2016).

#### 4.7. Comparação entre o tamanho de grão das regiões da junta soldada após o alívio de tensões

As imagens obtidas por microscopia óptica mostraram metal de base com presença de ferrita com grão de 12  $\mu\text{m}$ . O tamanho de grão ferrítico no ZACGF foi 50% menor que em MB. Na ZF foram observados grãos com 19  $\mu\text{m}$ . Na tabela 3 pode ser visto o comparativo mais detalhado entre o tamanho do grão nas regiões da junta soldada após o TTAT.

Tabela 3 – Tamanho de grão conforme a região da junta soldada após TTAT

	Tamanho 1 ( $\mu\text{m}$ )	Tamanho 2 ( $\mu\text{m}$ )	Tamanho 3 ( $\mu\text{m}$ )	<b>Média</b> <b>(<math>\mu\text{m}</math>)</b>	Desvio padrão ( $\mu\text{m}$ )
MB	12	11	13	<b>12</b>	0,4722
ZACGF	5	6	6	<b>6</b>	0,2061
ZACGG	12	11	13	<b>12</b>	0,6370
ZF	20	19	18	<b>19</b>	0,7067

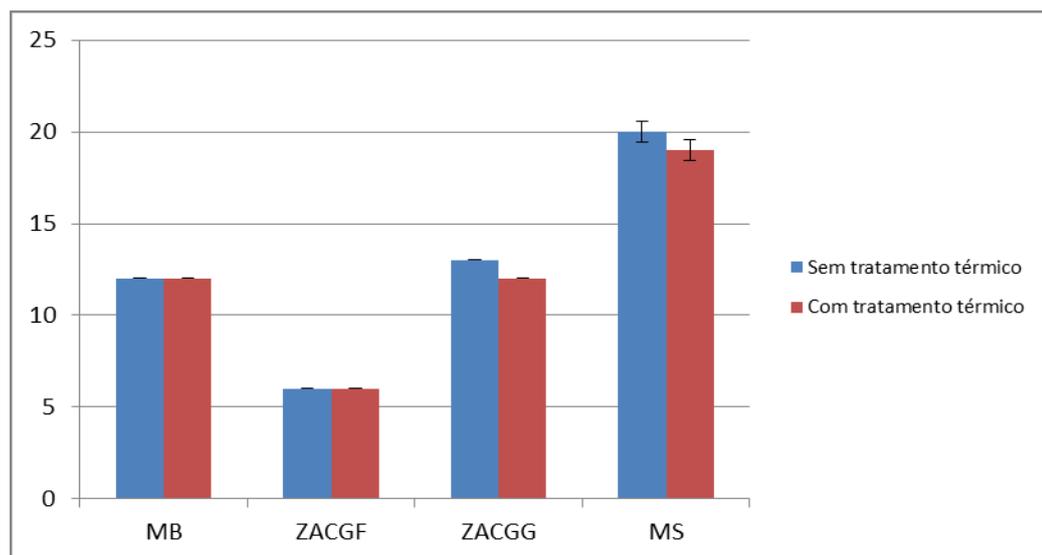
Fonte: Os autores (2018)

Após a TTAT, houve variação menor que 10% no tamanho de grão nas regiões avaliadas, provavelmente devido a erros de contagem do número de grãos no método planimétrico. Isto implica na confirmação de que o tratamento térmico não altera significativamente o tamanho do grão neste tipo de aço.

#### 1.1 Comparação entre o tamanho de grão das regiões da junta soldada antes e após o tratamento térmico

Como mostrado na figura 5 houve uma diminuição na variação percentual de 8 a 5% nas regiões da ZACGG e ZF, respectivamente, após o tratamento térmico.

Figura 5 – Comparação do tamanho de grão entre as regiões da solda antes e após o tratamento térmico



Fonte: Os autores (2018)

O resultado do valor da diferença mínima significativa ( $dms = 2,26$ ) encontrada pelo teste de Tukey é maior que todas as diferenças entre as médias das regiões de solda indicando que não há diferença estatística significativa.

## 5. Conclusão

A partir da análise microestrutural e do tamanho de grão de um aço microligado após o alívio de tensões verificou-se que o material não apresentou modificações no bandejamento. Após o ciclo térmico a ferrita e a perlita continuaram no metal de base identificando que o mesmo não apresentou dispersão em sua morfologia com o subcrítico. Para a eliminação do bandejamento é necessário utilizar conformação mecânica e tratamento térmico na temperatura de recristalização do material.

A análise de imagens apresentou metal de base com presença de ferrita/perlita e tamanho de grão com 12  $\mu\text{m}$ . Na ZACGF, o grão foi 50% menor que no metal de base. Enquanto na ZACGG esteve na mesma faixa de MB formando ferrita/bainita e martensita/austenita. Na zona fundida verificou-se a presença de ferrita/ferrita acicular/ferrita de contorno de grão com segunda fase alinhada com 20  $\mu\text{m}$ . Após o TTAT houve variação menor que 10% no tamanho de grão nas regiões avaliadas. Comprovou-se por meio de análise de variância (ANOVA) e posterior análise pelo teste de *Tukey* para comparação de médias que as variações do tamanho de grão após o tratamento térmico não diferem significativamente daquelas encontradas antes do alívio de tensões.

## REFERÊNCIAS

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIAIS. ASTM A131A/A131M, standard specification for structural steels for ships. West Conshohocken, United States, 2001.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIAIS. ASTM E112, standard test methods for determining average grain size. United States, 2013.

BAERE, K. *et al.*, Assessment of corrosion resistance, material properties, and weldability of alloyed steel for ballast tanks. *Journal Marine Science and Technology*, n. 22, pp. 176-199, Jul. 2017.

DE MEESTER, B., The weldability of modern structural TMCP steels. *ISIJ International*, v. 37, n. 6, pp. 537-551, Feb. 1997.

HU, J. *et al.*, Effect of welding heat input on microstructures and toughness in simulated CGHAZ of V–N high strength steel. *Materials Science and Engineering A*, n. 577, pp. 161-168, Apr. 2013.

LAN, L. *et al.*, Phase transformation, microstructure, and mechanical properties of X100 pipelines steels based on TMCP and HTP concepts. *Journal of Materials Science*, n. 52, pp. 1661-1678, Oct. 2017

LIMA, C.A.S., Influência do tratamento térmico de alívio de tensões associado à elevada energia de soldagem na tenacidade da zona termicamente afetada de um aço TMCP microligado aplicado em estruturas off-shore. 2011. 112 f. Dissertação (Mestrado Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia/UNESP, Guaratinguetá, SP, Brasil, 2011.

MARCONI, C. *et al.*, Influência del calor aportado y metal de aporte sobre las propiedades mecánicas y la microestructura de juntas soldadas por FCAW de acero microaleado de alta resistência. *Revista Soldagem & Inspeção*, v. 20, n. 2, pp. 148-159, jul./set. 2015.

RIBEIRO, A. C. N. *et al.*, Evaluation of AH36 microalloyed steel welded joint by submerged arc welding process with one and two wires. *Materials Research*, v. 19, n. 1, pp. 143-152, Nov. 2016.

TSAY, L. *et al.*, Microstructures and fatigue crack growth of EH 36 TMCP steel weldments. *International Journal of Fatigue*, v. 21, n. 8, pp. 857-864, Set. 1999.

# Capítulo 7

## O ENGENHEIRO DE PRODUÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL: A IMPORTÂNCIA DESTE PROFISSIONAL EM UMA INDÚSTRIA DE PRÉ- FABRICADOS DE CONCRETO

Janyel Trevisol

# **O ENGENHEIRO DE PRODUÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL: A IMPORTÂNCIA DESTE PROFISSIONAL EM UMA INDÚSTRIA DE PRÉ-FABRICADOS DE CONCRETO**

Janyel Trevisol

## **Resumo**

A engenharia de produção é aquela que possui conhecimento básico das demais engenharias, mas com ênfase nos melhoramentos de processos e na qualidade com o intuito de sempre maximizar a produtividade com o mínimo de custo e desperdício. Como crescimento da indústria de construção civil, principalmente na fabricação de estruturas de pré-moldados de concreto, viu-se a necessidade de incorporar à sua cadeia produtiva, os conhecimentos e habilidades do engenheiro de produção. Assim, o presente trabalho tem como objetivo analisar a importância do engenheiro de produção dentro de uma indústria de pré-moldados de concreto e identificar as atividades que este profissional pode oferecer para reduzir a incidência de desperdícios industriais, melhorar os processos produtivos, assegurar a qualidade dos produtos e aumentar a produtividade. O método utilizado para a elaboração deste trabalho foi a pesquisa-ação, que possibilitou uma análise detalhada dos processos e permitiu-se a implementação de melhorias à empresa. Como resultados do trabalho, pôde-se evidenciar claramente os benefícios que o profissional de engenharia de produção contribuiu à organização como mapeamento de processos, redução de custos, elaboração de Procedimentos Operacionais Padronizados (POPs), melhor visibilidade dos setores, organização e limpeza, controle produtivo mais eficiente, análise e redução de desperdícios, melhoria na logística interna, gestão de resíduos, auxílio no planejamento e controle da produção (PCP), otimização de espaço físico, redução de custos, aumento da produtividade e garantia da qualidade.

**Palavras-chave:** engenheiro de produção, construção civil, melhorias. produtividade.

## 1. Introdução

A indústria da construção civil vem evoluindo significativamente ao longo dos últimos anos, principalmente através do uso de inovações e tecnologias nos processos de fabricação afim de reduzir desperdícios e assegurar a qualidade da obra. A industrialização na área da construção civil facilitou a incorporação de métodos de trabalhos eficientes como a utilização de pré-fabricados de concreto, o qual proporciona inúmeros benefícios à obra. O desenvolvimento destes sistemas de pré-fabricados proporciona menos desperdícios, rapidez na montagem da estrutura, agilidade, menos mão de obra no canteiro de obras, menor custo da obra, limpeza e organização do canteiro de obras, redução do *lead time*, maior produtividade. No entanto, devido à elevada complexidade de processamentos e fatores que influenciam na qualidade dos produtos pré-fabricados, o engenheiro de produção é peça imprescindível para assegurar a qualidade dos produtos, bem como gerenciar todos os instrumentos e métodos de fabricação existentes nesta cadeia produtiva.

Sabe-se que na construção civil, cerca de 30% do valor da obra são desperdícios decorrentes de processos mal elaborados, quebras, retrabalhos, demora nos transportes, falta de mão de obra ou matéria prima. Com isso, a crescente demanda por edificações fez com que os engenheiros buscassem alternativas para eliminar as perdas e gerar produtividade nas obras. Desta forma, surgiram as construções pré-fabricadas de concreto.

O presente trabalho foi realizado em uma indústria de construção civil, a qual fabrica pré-moldados de concreto, na qual apresentava elevados desperdícios industriais e perdas nos seus processos de fabricação. Deste modo, este trabalho obteve o seguinte problema de pesquisa: Qual a importância do engenheiro de produção no segmento de construção civil e quais os benefícios que o mesmo pode oferecer afim de melhorar o processo produtivo e aumentar a produtividade da empresa?

O objetivo geral é analisar a importância do engenheiro de produção dentro de uma indústria de pré-moldados de concreto e identificar as atividades que este profissional pode oferecer para reduzir a incidência de desperdícios industriais, melhorar os processos produtivos, assegurar a qualidade dos produtos e aumentar a produtividade. Como objetivos específicos, pode-se citar: identificar os produtos fabricados, analisar os processos produtivos, identificar e analisar oportunidades de melhorias, realizar a implementação das melhorias, analisar os benefícios da mesma e seu impacto na cadeia produtiva.

Justifica-se a realização desta pesquisa, pois pode ser utilizada futuramente como uma referência de estudo para estudantes de engenharia, e também para contribuir junto à empresa para melhorar seu desempenho operacional. Além disso, destaca a necessidade do engenheiro de produção no segmento de construção civil, demonstrando algumas metodologias, técnicas e ferramentas que este profissional utiliza em suas atividades, bem como denotar as vantagens oriundas das melhorias aplicadas nos processos de fabricação.

## 2. Referencial bibliográfico

Segundo Peinado e Graeml (2007), o mapeamento de processo é uma ferramenta muito útil, podendo ter as seguintes aplicações: melhorar a compreensão do processo de trabalho, mostrar como o trabalho deve ser feito, criar um padrão de trabalho ou uma norma de procedimento.

Segundo Ceolin (2011), o termo fluxograma designa uma representação gráfica de um determinado processo ou fluxo de trabalho. Através desta representação é possível compreender de forma rápida e fácil a transição de informações ou documentos entre os elementos que participam do processo em causa.

A utilização da técnica de fluxograma apresenta vantagens na sua utilização, segundo Abreu e Trindade (2015) e Villar (2008): possibilita analisar como se conectam e se relacionam os componentes de um sistema, permitindo averiguação de sua eficácia; facilita a localização das deficiências, por meio da visualização dos passos, transportes, operações, formulários, etc; por ser uma técnica de fácil visualização, proporciona um claro entendimento nas alterações que se propõem aos sistemas existentes.

De acordo com Reis; Figueiredo (1995), a ideia de desperdícios como um problema da fábrica tem atravessado os tempos, desde Henry Ford, sem que sua definição tenha sofrido mudanças. Qualquer *input* desnecessário ou qualquer *output* indesejável em um sistema e, especificamente, no processo fabril é desperdício. Conforme o Sistema Toyota de Produção, Slack (2009), o desperdício pode ser definido como qualquer atividade que não agregue valor ao produto final.

Segundo Ohno (2006), existem sete tipos de desperdícios que podem ser encontrados dentro do processo produtivo, como:

- Superprodução: produzir mais do que é imediatamente necessário para o próximo processo na produção é a maior das fontes de desperdício.
- Tempo de espera: eficiência de máquina e eficiência de mão-de-obra são duas medidas comuns, que são largamente utilizadas para avaliar os tempos de espera de máquinas e mão-de-obra, respectivamente. Menos óbvio é o tempo necessário de espera de materiais, disfarçado pelos colaboradores, ocupados em produzir estoque em excesso, que não é necessário no momento.
- Estoque: todo o estoque deve tornar-se um alvo para a eliminação. No entanto, somente podem-se reduzir os estoques pela eliminação de suas causas.
- Transporte: a movimentação de materiais dentro da fábrica, assim como a desnecessária movimentação do estoque em processo, não agrega valor.
- Movimentação: um operador pode parecer ocupado, mas algumas vezes nenhum valor está sendo agregado pelo seu trabalho. A simplificação do trabalho é uma rica fonte de redução do desperdício de movimentação.
- Processo: no próprio processo, pode haver algumas fontes de desperdício. Algumas operações existem apenas em função de um projeto ruim de componentes ou manutenção ruim, podendo, então, ser eliminadas.
- Produtos defeituosos: o desperdício de qualidade é normalmente bastante significativo em operações. Os custos totais da qualidade são muito maiores do que tradicionalmente têm sido considerados, sendo, deste modo, mais importante atacar as causas de tais custos.

### **3. Metodologia de pesquisa e método de trabalho**

A empresa na qual foi realizada o presente estudo está localizada no município de Ijuí, na região Noroeste do Rio Grande do Sul. O estudo foi realizado através do desenvolvimento das atividades diárias desempenhadas pelo engenheiro de produção da empresa, o qual era responsável pela produção dos pré-moldados de concreto. Além de ferramentas de qualidade conhecimentos técnicos e específicos do profissional de engenharia de produção, utilizou-se o software Excel para elaboração de tabelas e fluxogramas de processo, além do Microsoft Word para elaboração de documentos e registros.

Na realização deste trabalho, seguiu-se a abordagem da pesquisa-ação, onde ambos,

pesquisador e equipe de trabalho cooperam e participam na resolução do problema, através de coleta de informações, acompanhamento das atividades, pesquisa documental, atividades de observação, reuniões informais e, assim, formular conceitos entre pesquisador e equipe.

Primeiramente, utilizou-se a técnica de acompanhamento das atividades para realizar a coleta de dados para identificar os desperdícios existentes na fábrica e analisar oportunidades de melhorias que possam proporcionar benefícios à empresa. Utilizou-se também registros fotográficos do ambiente fabril para realizar um comparativo entre o ambiente atual e após a implantação das melhorias.

Utilizou-se também a técnica de observação direta no ambiente fabril para acompanhar as atividades e verificar o processo de fabricação dos produtos e realizou-se entrevistas informais com alguns colaboradores para obter informações mais detalhadas e precisas.

Posteriormente, foram implementadas as melhorias conforme um planejamento estratégico pré-elaborado e, em seguida, pôde-se verificar e comparar o antes e o depois das melhorias realizadas, enaltecendo a importância do engenheiro de produção na construção civil.

### 3.1. Resultados

A estrutura da empresa permite a fabricação de uma gama elevada de produtos, os quais podem ser personalizados de acordo com as necessidades do cliente. Esta flexibilização é possível através de formas e gabaritos que podem ser ajustados, fornecendo variações das dimensões dos produtos, necessidade de recortes e colocação de tubulações. Os produtos são divididos em categorias como painéis, vigas, pilares, lajes e vigotas. Os painéis dividem-se em painéis parede, treliçado, duplo, maciço; já as vigas podem ser de respaldo, de entrepiso, de calha e viga jacaré.

Baseando-se no Sistema Toyota de Produção, pode-se citar os seguintes desperdícios encontrados na empresa:

- **Processo:** Processo: não há POP (Procedimento Operacional Padrão) que instrua os colaboradores a respeito da maneira como se deve realizar as atividades e processos de fabricação. Deste modo, os produtos não possuem um padrão e podem gerar retrabalhos. Além disso, no processo de lixamento, não há um critério de qualidade que possa ser analisado para saber se um material está corretamente lixado. Por esta razão, muitos

produtos acabam sendo retrabalhados ou descartados por erros no processo produtivo.

- **Transporte:** a empresa não dispõe de corredores para realizar o transporte de materiais e produtos. Além disso, o transporte dos produtos ocorre através de uma monovia e uma talha elétrica que executam este transporte vagarosamente. Por esta razão, qualquer transporte desnecessário é um enorme desperdício. Outro fator importante é a respeito do transporte de algumas pranchas ou peças que são muito pesadas e são erguidas manualmente, pois estão fora do trajeto da talha e da monovia. Assim, estão ergonomicamente incorretas e podem acarretar em acidentes.

- **Estoque:** existe estoque de materiais prontos e em processo. Este fato ocorre por haver erros nos projetos ou por uma programação da produção errada. Além disso, existe muito estoque de material obsoleto dentro do ambiente produtivo gerando diversos problemas na cadeia produtiva.

- **Movimentação:** existe muita movimentação desnecessária na empresa, geralmente para buscar material ou ferramenta, para deslocar-se até o setor de engenharia para sanar dúvidas de determinados projetos, para realizar retrabalhos, para procurar materiais que não estão alocados em seus devidos lugares.

- **Produtos defeituosos:** este desperdício ocorre devido à erros nos projetos, excesso de materiais, ferramentas, equipamentos e estoque em processo, inexistência de POPs e treinamentos dos colaboradores.

- **Tempo de espera:** muitas vezes a programação da produção encaminha à fábrica algumas Ordens de Fabricação incorretas, ou seja, algumas vezes são produzidas paredes que seriam as últimas a serem montadas no canteiro de obras, enquanto que as primeiras ainda nem foram produzidas.

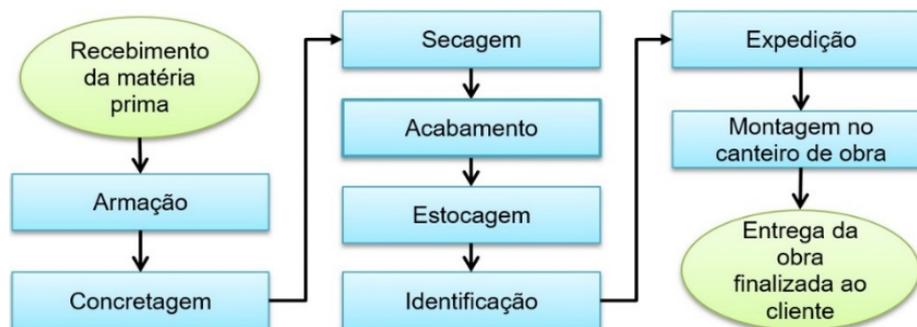
As atividades realizadas pelo engenheiro de produção são de fundamental importância à empresa e impactam diretamente sobre os custos e sobre a produtividade da mesma. Tais atividades desempenhadas estão descritas a seguir.

### 3.1.1. Mapeamento de processos

A empresa possui uma variedade de produtos, porém, os processos de fabricação permanecem os mesmos, somente com algumas diferenciações ao longo das etapas de processamento.

Basicamente, todos produtos possuem o seguinte mapeamento de processo:

Figura 1 – Macrofluxograma de fabricação de pré-moldados de concreto



Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Conforme o macrofluxograma, o processamento de fabricação envolve oito processos principais, e inicia sua fabricação no recebimento das matérias primas e encerra o ciclo produtivo na entrega da obra finalizada ao cliente.

Para mapear ainda mais as etapas de fabricação, seria importante aprofundar a análise de cada processo de fabricação, elaborando microfluxogramas de cada processo para identificar desperdícios e melhorias que possam ser implementadas.

### 3.1.2. Limpeza e organização dos setores

A empresa possui duas formas de fabricação de painéis paredes ou lajes, as quais são usadas quase diariamente. Portanto, é neste setor onde se concentra a maior parte dos processos operacionais da concretagem. No entanto, as formas antigas ou restos de materiais e resíduos são alocados debaixo destas formas, gerando acúmulo de materiais, sujeira, maus odores, possibilidade de proliferação de animais e riscos físicos aos colaboradores.

Figura 2 – Restos de materiais ao lado da Metalúrgica



Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Foi realizada a limpeza setorial e uma orientação aos colaboradores do setor para realizar a destinação correta dos materiais, ou seja, descartar diretamente no lixo de metais para que seja dada a destinação correta do mesmo.

Figura 3 – Limpeza da área ao lado da Metalúrgica



Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

A limpeza dos resíduos proporcionou otimização do espaço físico, clareza do setor, melhoria no fluxo interno, melhorou a visibilidade do setor, proporcionou rapidez e facilidade para identificar os materiais e maior segurança aos colaboradores.

Na área de fabricação de pilares e vigas também há acúmulo de peças quebradas, materiais espalhados, ferramentas jogadas, diversos resíduos e sujidades, além de materiais utilizáveis que estão extraviados, conforme abaixo.

Figura 4 – Desorganização no setor de fabricação de vigas e pilares



Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

É possível verificar que não há uma organização e limpeza setorial, pois há restos de madeira espalhados pela área, além de um molde de madeira jogado no chão em frente à serra circular obstruindo espaço e dificultando o fluxo gerando riscos físicos aos colaboradores. Outro fator importante é a serra circular está alocada em um setor onde é pouco utilizada, ou seja, os colaboradores precisam se deslocar até a serra para realizar a atividade, gerando desperdício de tempo, movimentação e transporte.

Figura 5 – Limpeza do setor e retirada da serra circular



Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

A partir destes problemas verificados, fez-se a limpeza e organização do setor pois, para produzir adequadamente e com qualidade, o ambiente de trabalho deve ser organizado e adequado para que os colaboradores desempenhem suas atividades corretamente. Os moldes obsoletos foram retirados do setor e os moldes de uso diário foram realocados para

evitar a possibilidade de danos.

Figura 6 – Serra circular realocada



Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

A serra circular foi realocada onde ocorre uma maior necessidade de cortes de madeira, diminuindo as distâncias percorridas pelos colaboradores. Para aumentar a segurança do operador, foi colocado um gancho em um pilar próximo da serra para pendurar a fiação da máquina, evitando que o fio ficasse sobre a máquina ou pelo chão. Algumas formas que não são mais utilizadas ainda permanecem no ambiente fabril, ocupando um grande espaço físico e acabam servindo como uma bancada para acúmulo de outros materiais como moldes, ferramentas e equipamentos.

Figura 7 – Acúmulo de materiais sobre a forma de pilar



Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Foi feita uma seleção de todos os materiais, moldes e ferramentas que se encontravam sobre a forma para, em seguida, reorganizar os mesmos na prateleira. Após esta seleção, descarte,

limpeza e arrumação dos materiais, a forma permaneceu limpa e a prateleira ficou organizada, como pode ser visualizado na Figura 8.

Figura 8 – Limpeza e organização da forma e da prateleira



Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

A prateleira foi otimizada separando ferramentas e materiais em caixas. Assim, gerou limpeza e organização da área, otimização do espaço, segurança e rapidez para encontrar os materiais.

### **3.1.3. Organização das pranchas das formas de pilares**

As formas de vigas e pilares são flexíveis e a largura das mesmas pode ser alterada através da alteração das pranchas. Porém, estas pranchas são pesadas e necessitam estar alocadas corretamente para facilitar seu manuseio.

Existem diversas pranchas onde diferenciam entre si pela largura de cada uma. Porém, as mesmas estão dispostas no chão, sem organização e gerando riscos de danos às mesmas ou para funcionários que circulam pela área.

Figura 9 – Empilhamento incorreto das pranchas das formas



Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Além disso, caso seja necessário utilizar a prancha que está abaixo de todas as outras, os funcionários precisarão retirar as de cima até chegar àquela desejada. Com isso, foi elaborada uma prateleira metálica para colocar ordenadamente estas pranchas.

Figura 10 – Suporte para colocação de pranchas



Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Este suporte em forma de engavetamento, permitiu separar as pranchas conforme suas larguras, além de permitir fácil identificação das mesmas. Também se otimizou o espaço onde antes as mesmas estavam alocadas, permitindo um melhoramento no fluxo de pessoas e materiais. Além disso, o local onde foi estruturado o suporte permite a utilização de uma talha

elétrica para auxiliar no içamento da prancha e facilitar a operação, reduzindo os danos ergonômicos.

#### 3.1.4. Separação e identificação de resíduos

Devido à fabricação de produtos personalizados e com a utilização de muitas matérias primas utilizadas em sua produção, os produtos geram diversos tipos de resíduos como papel, metal, isopor (EPS), plásticos, óleos, vidros e químicos. Os resíduos são separados por *bag* e, assim que o mesmo estiver cheio, deve ser descartado corretamente, deixando outro *bag* vazio em seu lugar.

O descarte incorreto proporciona problemas como obstrução de espaço físico, possibilidade de proliferação de animais, dificuldade de acesso aos *bags*, mistura de resíduos com matérias primas e produtos em processo, provoca danos ao ambiente, dificulta o controle dos resíduos e diminui a segurança dos colaboradores.

Figura 11 – Local de descarte de resíduos limpo e identificado



Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Primeiramente foi realizada a separação dos resíduos de cada *bag*. Em seguida os encaminhados ao descarte correto conforme o tipo de resíduo. Após isto, foi feita a limpeza do setor e colocou-se novos *bags* no local. Também foram colocadas placas de identificação acima de cada *bag* para evitar a mistura dos resíduos na empresa.

### **3.1.5. Auxílio no planejamento e controle da produção (PCP)**

A empresa não dispõe de um sistema ERP ou um setor específico para o planejamento e controle da produção. Somente um profissional realiza os projetos e os desenhos dos produtos a serem produzidos e encaminha os mesmos para a fábrica em forma de Ordem de Fabricação (OF). Além dos desenhos, um documento com a programação semanal, escrito manualmente, é encaminhado ao encarregado da produção.

A programação se baseia através do volume de concretagem que cada produto necessita para ser concretado e não no tipo de produto que está sendo produzido, o que acaba muitas vezes comprometendo o cumprimento desta programação.

Isto ocorre pelo fato de que muitos produtos são sob medida, ou seja, são diferenciados entre si e, portanto, requerem diferentes tempos de *setup* na forma. Por exemplo, se for necessário fabricar cinco paredes lisas, sem aberturas e de formato quadrado, a configuração na forma seria simples e rápida, pois os colaboradores somente necessitariam fixar as barras na forma e colocar a armação metálica. No entanto, se for necessário fabricar cinco paredes com as mesmas dimensões, mas com diversos recortes ou rebaixos, ou com colocação de tubulações ou qualquer outro ajuste, o tempo de configuração é maior, além do fato de requerer mais precisão por parte do colaborador.

Para solucionar este problema de programação, primeiramente fez-se uma cronoanálise do processo de preparação e configuração das formas de painéis e lajes. Fez-se a medição dos tempos de preparo de diversos produtos, mensurando separadamente os tempos de fixação das barras às formas, tempos de recortes, tempos para colocação e fixação de tubulações, tempos de colocação de gabaritos de paredes e portas, tempos para colocação da armação metálica.

Através destas medições de tempos e da análise dos dados, pôde-se elaborar a programação da produção mais precisa conforma a real capacidade produtiva da fábrica, diminuindo os riscos de produtos não conformes e a incidência de retrabalhos no canteiro de obras, assegurando a qualidade, além de diminuir custos industriais.

### **3.1.6. Elaboração de procedimentos operacionais padronizados (POPs)**

Para garantir a conformidade dos produtos, bem como padronizar os processos afim de assegurar a qualidade dos processos e produtos, é necessário elaborar um Procedimento

Operacional Padronizado (POP). Este documento padroniza a fabricação, dissemina e descentraliza o conhecimento, promove o aprendizado pelos colaboradores, diminui a incidência de erros e retrabalhos.

Para a elaboração do POP, foi feito um acompanhamento detalhado do processo, no qual realizou-se registros fotográficos das etapas de fabricação e buscou-se informações detalhadas dos mesmos. Ao final do processo, fez-se uma revisão deste Procedimento Padronizado para verificar a necessidade de qualquer alteração e, sem seguida, o mesmo foi aprovado pela direção e passou a ser utilizado pela fábrica.

Outro processo no qual foi elaborado um Procedimento Padronizado foi a definição das quantidades de areia, pedra brita, água e cimento para a fabricação do concreto junto ao misturador. Com este POP, o procedimento de fabricação de concreto permanece padronizado e sem a possibilidade de erros nas dosagens.

Assim, estes Procedimentos Operacionais Padronizados passaram a servir como referência para os processos de fabricação dos produtos.

### **3.1.7. Análise e reestruturação do *layout* no setor de solda**

O setor de solda é muito importante para a elaboração de materiais e peças para serem utilizadas na armação da estrutura metálica dos produtos ou até mesmo para peças utilizadas no canteiro de obras. No entanto, além de dispor uma máquina de solda na sala, possui também uma máquina de furação e um esmeril, jogos de parafusos e ferramentas e outras ferramentas. Além disso, há muitos outros equipamentos, materiais, peças e ferramentas que estão alocadas no setor, pois as equipes que realizam as atividades nos canteiros de obras acabam deixando todos materiais espalhados no chão no final do turno e, no dia seguinte, as equipes retiram da sala somente o que irão utilizar deixando a sala cheia de outros materiais.

Figura 12 – Desorganização no setor de solda



Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Assim, a sala que seria de processo de solda acaba mantendo muitos outros materiais, gerando desorganização, excesso de materiais, ocupação desnecessária do espaço, risco à segurança, dificuldade par encontrar materiais e ferramentas, risco de danos e quebras dos materiais e ferramentas, possibilidade de extravios das ferramentas e máquinas. Através da análise de todos estes problemas existentes no setor, foram elaboradas diversas melhorias para serem implantadas.

Figura 13 – Reorganização do setor de solda



Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Entre as melhorias realizadas no setor, destacam-se: elaboração de uma linha de processos, alocando a máquina de furação próxima da máquina de solda; o esmeril foi fixado em outra bancada no outro lado da sala para permanecer longe da máquina de solda para evitar possibilidade de acidentes; foi elaborado um quadro sombra para manter as ferramentas

organizadas e facilitar o seu controle; o novo arranjo das máquinas permitiu maior iluminação, melhorando os processos operacionais; fez-se uma limpeza da área retirando do setor os materiais, peças, ferramentas e equipamentos que não são utilizados nesta área; maior acessibilidade aos materiais, ferramentas e máquinas; otimização e desobstrução da área gerando mais espaço disponível; foi colocada uma lixeira (bolsa branca no canto inferior direito da imagem) para realizar a destinação correta dos resíduos.

Ainda na sala de solda, outras melhorias que merecem destaque são: descarte de materiais obsoletos; limpeza e reorganização da bancada; foi elaborado uma estrutura na parede para pendurar as cintas de içamento e as fiações de extensão elétrica. Além disso, os colaboradores que realizam as atividades de montagem nos canteiros de obras foram instruídos para manter esta organização setorial, para melhorar a produtividade e reduzir desperdícios.

### **3.1.8. Possibilidade de trabalhos futuros**

Além de todas as atividades realizadas na empresa, deixou-se ainda em aberto algumas atividades futuras que também contribuirão de forma positiva para aumento da produtividade e organização. Entre tais atividades mencionadas aos gestores como planejamento estratégico com foco na engenharia de produção está a implantação de um programa 5S, a utilização de um programa de ideias para instigar o envolvimento e participação de todos colaboradores, utilizar o sistema *kaizen*, realizar uma análise do *layout* fabril e buscar melhores alternativas para agilizar a logística interna, realizar manutenção preventiva das máquinas e equipamentos, verificar a viabilidade de implantar um sistema ERP, criar um almoxarifado de todos materiais e matérias primas com controle eficiente, realizar palestras e treinamentos periódicos sobre temas relevantes à organização.

## **4. Conclusão**

Percebe-se através do presente trabalho que o engenheiro de produção é muito importante para qualquer tipo de indústria, especialmente na área de construção civil, pois através de suas competências e habilidades, permite identificar desperdícios e oportunidades de melhorias onde estavam imperceptíveis aos olhos dos próprios gestores.

Este trabalho alcançou todos os seus objetivos, pois identificou-se as famílias dos produtos,

fez-se a análise dos processos produtivos, foram analisadas e implementadas as oportunidades de melhorias, além de verificar e apontar os benefícios das mesmas à organização. Ainda, verificou-se também que o engenheiro de produção é peça chave para o aprimoramento das organizações no que tange à processos e produtos.

O engenheiro de produção possui qualidades diferenciadas, pois compreende os processos de maneira sistêmica e, a partir deste, consegue se aprofundar aos detalhes de cada processo. Assim, estas habilidades deste profissional proporcionam muitos benefícios às empresas e indústrias como redução de desperdícios, redução de custos, melhoramento de processos, garantia da qualidade, aumento da segurança, maior organização e limpeza, aumento da produtividade, otimização de espaço físico, melhoria no controle e gestão de materiais, melhoria nos fluxos produtivos.

O trabalho realizado na empresa foi de grande importância para a mesma, especialmente pelo fato de que foi a primeira vez que foram utilizados os conhecimentos do profissional de engenharia de produção na fábrica e o mesmo contribuiu-se positivamente de forma significativa para o aumento da produtividade e organização da mesma.

## **REFERÊNCIAS**

ABREU, E. L.; TRINDADE, E. L. G. Utilização do fluxograma e da ferramenta DMAIC em uma fábrica de polpas de frutas localizada no vale do São Francisco. Encontro Nacional de Engenharia de Produção - Enegep, n. 35. Fortaleza, 2015;

CEOLIN, E. Conceito: Fluxograma. Ciências Sociais. Ed. Trabalhos feitos, 2011;

GÜLLICH, R. I. C.; LOVATO, A; EVANGELISTA, M. L. S. Metodologia da pesquisa: Normas para Apresentação de Trabalhos: Redação, Formatação e Editoração. Três de Maio: Ed. SETREM, 2007;

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. Fundamentos de Metodologia Científica. 5ª Ed. São Paulo: Ed Atlas, 2003;

OHNO, T. Sistema Toyota de Produção: Além da produção em larga escala. Porto Alegre: Ed. Bookman, 2006;

PEINADO, J.; GRAEML, A. Administração da Produção: Operações industriais e de serviços. UTFPR. Curitiba: UnicenP, 2007;

PICCOLI, G. S.; CARNEIRO, J. C. D.; BRASIL, P. C. G. A importância da integração do *layout* ao espaço. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Florianópolis: Ed. Universidade Federal de Santa Catarina, 2003;

REIS, H. L.; FIGUEIREDO, K. F. A redução de desperdícios na indústria. São Paulo: Revista de Administração, 1995;

SLACK, N. Administração da produção. 3ª Ed. São Paulo: Atlas, 2009;

THIOLLENT, M. Metodologia da pesquisa-ação. São Paulo: Cortez, 2007;

VILLAR, A. M.; SILVA, L. M. F.; NOBREGA, M. M. Planejamento, programação e controle da produção. João Pessoa: Editora universitária da UFPB, 2008.

# Capítulo 8

## PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO: REFLEXÕES A PARTIR DA ANÁLISE SWOT E MATRIZ GUT EM UMA MICROEMPRESA

Débora Paula Borges de Oliveira Cechin

Stella Jacyszyn Bachega

Dalton Matsuo Tavares

# PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO: REFLEXÕES A PARTIR DA ANÁLISE SWOT E MATRIZ GUT EM UMA MICROEMPRESA

Débora Paula Borges de Oliveira Cechin

Stella Jacyszyn Bachega

Dalton Matsuo Tavares

## Resumo

As micro e pequenas empresas tem um papel fundamental na economia do Brasil, porém estão sujeitas a um alto índice de fechamento ocasionado pela falta de planejamento e de gestão apropriada. Diante disso, o planejamento estratégico tem a finalidade de analisar os cenários em que as empresas estão inseridas a fim de alinhar suas estratégias aos seus objetivos. Dentre as ferramentas de planejamento estratégico, a análise SWOT ganha destaque por sua simplicidade e eficácia. Neste sentido, o presente artigo tem como objetivo ilustrar a importância da análise SWOT em conjunto com a matriz GUT na realização do planejamento estratégico nas micro e pequenas empresas. Para atingir o objetivo proposto foi utilizada uma pesquisa descritiva e explicativa, de abordagem qualitativa e quantitativa, além da realização de um estudo de caso em uma microempresa como procedimento. Assim, foi realizada a coleta de dados por meio de entrevistas semiestruturadas na microempresa estudada e desenvolvida uma análise SWOT, a qual permitiu a gestora reconhecer o ambiente interno e externo de sua organização, estabelecendo suas forças, fraquezas, ameaças e oportunidades. Posteriormente uma matriz GUT foi realizada, priorizando algumas ações como direcionamento estratégico a fim de que a microempresa possa alcançar seus objetivos e implementar melhorias para diminuir suas fraquezas e se beneficiar de suas oportunidades.

**Palavras-chave:** planejamento estratégico, análise SWOT, matriz GUT, micro e pequena empresa (MPE)

## 1. Introdução

As micro e pequenas empresas (MPEs) são de grande importância para o cenário econômico brasileiro. Elas representam 99% do total de 6,4 milhões de empresas privadas, configurando

27% do Produto Interno Bruto (PIB). São responsáveis por 52% dos empregos formais existentes no país, respondendo por cerca de 16,1 milhões de carteiras assinadas no Brasil (SEBRAE, 2018).

Em contrapartida, em junho de 2018 o número de MPEs inadimplentes correspondia a mais de 5 milhões, indicando um aumento de 9,5% em comparação ao mesmo período de 2017 (DINO, 2018). Além disso, a mortalidade das MPEs é de 60% e, geralmente, o fechamento destas empresas se dá com menos de um ano de atuação e é causado por fatores como falta de planejamento, gestão inadequada e comportamento do empreendedor (ROTTA, 2018).

Dado este cenário antagônico do mercado das MPEs, no qual sua importância para a economia nacional contrasta com as dificuldades gerenciais enfrentadas somado ao fato de que os consumidores estão cada vez mais exigentes e novos concorrentes surgem a todo momento, nota-se a importância de um planejamento estratégico que vise analisar o ambiente interno e externo à organização e aumentar a competitividade da empresa.

O planejamento estratégico tem como objetivo desenvolver processos, técnicas e atitudes administrativas que garantam a redução das incertezas no processo decisório, fazendo com que os objetivos empresariais sejam alcançados com rapidez, coerência, eficiência e eficácia (OLIVEIRA, 2018). Segundo Ribeiro (2016), o planejamento estratégico vai além de um plano formal. Trata-se de um rico processo de construir, rever ou desenvolver uma análise da empresa, a partir de uma leitura crítica, coerente, completa, sistemática e compreensível da organização. Por meio desta interpretação, são determinadas metas e ações, pontos fortes e fracos da organização, além de oportunidades e ameaças fornecidas pelo mercado.

As ferramentas do planejamento estratégico podem ser utilizadas no momento de abrir uma empresa, por meio de um Plano de Negócios, mas também nas fases de crise, expansão ou inovação no mercado. Um dos princípios benéficos do planejamento estratégico para as MPEs é o alinhamento de expectativas entre os funcionários e gestores, gerando maior engajamento, produtividade e retenção de talentos. Quando se trata de microempresário individual (MEI), ele auxilia no planejamento de investimentos, criação de sociedades, migração para um novo modelo de negócio com contratações e/ou terceirizações (PEREIRA, 2018).

As MPEs devem adotar o planejamento estratégico com a finalidade de garantir o direcionamento e o controle da organização, maximização dos ganhos, minimização das deficiências e aumento da eficiência. Para isso, deve-se definir o negócio, a visão, a missão e os valores da empresa. Com base nisso, analisam-se os ambientes internos e externos à organização, além das metas e estratégias de longo prazo. Realizado o planejamento estratégico,

deve-se realizar o monitoramento sistemático do mesmo, a fim de que as MPEs não voltem a ser levadas pelo senso de urgência cotidiano, o que resulta em atividades que não dão sentido à sua existência e ameaçam sua permanência no mercado competitivo (RIBEIRO, 2016).

Visto que a primeira etapa da estruturação de um planejamento estratégico é analisar as atuais condições da empresa, da equipe e do mercado, alguns instrumentos são utilizados para auxiliar nesta fase como demonstrativos de resultados (DRE), fluxos de caixa, balanços patrimoniais, pesquisas de mercado e concorrência, aplicação de diagnóstico empresarial, entre outros. Uma ferramenta que se destaca no desenvolvimento do planejamento estratégico é a análise SWOT, metodologia que consiste em identificar de forma simplificada as forças, fraquezas, oportunidades e ameaças da organização (PEREIRA, 2018).

A análise SWOT ainda é pouco adotada por MPEs. Contudo, a ferramenta permite o autoconhecimento da organização e o desenvolvimento de uma atuação mais segura diante do cenário de exigência e competitividade. Para as MPEs, a metodologia da análise SWOT necessita de poucos ajustes, visto que o passo-a-passo e a documentação não demandam alterações (SANTOS, 2017).

Perante o exposto, a questão de pesquisa que orienta este artigo é: como a análise SWOT em conjunto com a matriz GUT pode auxiliar na introdução do planejamento estratégico e no delineamento dos objetivos nas MPEs? Por conseguinte, o objetivo geral da pesquisa é demonstrar a importância da análise SWOT juntamente com a utilização da matriz GUT. Espera-se com isso, introduzir o planejamento estratégico nas MPEs e possibilitar que seus gestores tracem seus objetivos por meio de um estudo de caso em uma microempresa do setor alimentício.

Fundamentado na importância das MPEs para a economia brasileira, nas vantagens obtidas pelo uso do planejamento estratégico e da análise SWOT como ferramenta de apoio para as mesmas e no fato de Barboza e Rojo (2015), Santos e Fernandes (2015) e Oliveira e Batista (2017) terem realizado pesquisas no âmbito do uso da análise SWOT na implantação do planejamento estratégico em MPEs, a presente pesquisa justifica-se pela necessidade de micro e pequenas empresas realizarem uma análise do ambiente interno, micro e macroeconômico, a qual contribui para a definição de seus objetivos e assim, para a conquista de vantagens competitivas. Barboza e Rojo (2015) realizaram um diagnóstico estratégico em uma pequena empresa do setor moveleiro do interior do Paraná com o uso de ferramentas de gestão estratégica, tais como a matriz BCG e SWOT e o modelo das Cinco Forças de Porter. A partir das análises realizadas, os autores definiram a empresa como familiar, com produtos e serviços inovadores e grande

potencial de crescimento. Puderam definir, então, sugestões de melhoria para a ampliação do mercado e fortalecimento da marca, como o delineamento e disseminação da missão e da visão da empresa e a ampliação do quadro de funcionários especializados, a fim de aumentar a produtividade, melhorar o aproveitamento do ponto comercial e firmar parcerias.

Já Santos e Fernandes (2015) fizeram um estudo empírico do planejamento estratégico em uma pequena empresa empreiteira de construção civil do interior do estado de São Paulo. Com base nos resultados, os autores defendem que a empresa, por meio da análise SWOT, será capaz de definir melhorias a serem realizadas, além de alinhar suas estratégias aos objetivos organizacionais. Dessa forma, a empreiteira pôde conseguir excelência em seu segmento de atuação, alcançando a expansão de mercados. Com isso, pôde explorar por completo as oportunidades oferecidas pelo mercado, além de minimizar os riscos e dificuldades mediante o aprendizado, preparo e controle de suas ações.

Com o intuito de incorporar os fundamentos do planejamento estratégico de uma microempresa do comércio varejista de artigos de óptica do interior de São Paulo, Oliveira e Batista (2017) realizaram uma análise SWOT para sugerir um direcionamento gerencial para a empresa. Os autores ressaltaram o fato da matriz SWOT ser uma ferramenta bastante acessível, de baixa complexidade e que propõe uma reflexão sobre o modo de gestão da empresa. Portanto, além de promover o alinhamento de objetivos e estratégias, a metodologia permite uma visão ampla do negócio e pode ser usada por toda e qualquer organização que queira desenvolver seu planejamento estratégico.

Em conjunto com a análise SWOT acredita-se que a matriz GUT (gravidade, urgência e tendência) servirá como um complemento para a construção de um planejamento estratégico, pois, segundo Wright, Kroll e Parnell (2011) e Mccreadie (2008), verificando a posição estratégica e a situação da empresa no macro e microambiente de acordo com a análise SWOT, a matriz GUT examina os problemas priorizando os mesmos com base em medidas ou subjetividade (LUCINDA, 2010).

Para atingir o objetivo proposto, o presente artigo está estruturado da seguinte forma: na próxima seção será apresentada uma revisão bibliográfica sobre planejamento estratégico, planejamento estratégico em micro e pequenas empresas, análise SWOT e matriz GUT; a terceira seção abordará a metodologia de pesquisa; na seção quatro serão apresentados os resultados e discussões e, na seção cinco, as considerações finais.

## **2. Revisão bibliográfica**

Nesta seção é apresentada uma revisão da literatura abordando a temática do planejamento estratégico com foco nas micro e pequenas empresas. Será apresentada a ferramenta de análise SWOT, uma das ferramentas mais conhecidas e utilizadas no contexto da gestão estratégica, e a matriz GUT.

### **2.1. Planejamento estratégico**

A origem do planejamento estratégico está vinculada às estratégias bélicas, ao modelo militar e ao nome de grandes estrategistas históricos. Enquanto alguns como Alexandre, Napoleão, Júlio César e Mao Tsé-Tung utilizavam a intuição para movimentar seus exércitos, necessitando de grande quantidade de recursos, tais como homens, armas e alimentos, outros nomes como Sun Tzu, De Jomini, Von Clausewitz e Maquiavel buscavam entender os conceitos e dinâmicas bélicas a partir do estudo e análise dos movimentos bélicos. Apoiados nesse cenário, surgiram os primeiros conceitos de estratégia, descritos no famoso livro de Sun Tzu (séc. IV a.C.), *A arte da guerra* (KUAZAQUI, 2016).

No ramo empresarial, a estratégia passou a ser foco de estudo pela área da administração a partir de 1960. Desde então, várias perspectivas são notadas na literatura ao se tratar do tema, dificultando a apresentação de um conceito geral para estratégia. Contudo, a estratégia pode ser conceituada como sendo a determinação dos cursos de ações demandados para se atingir os objetivos organizacionais, considerando os cenários ambientais interno e externo a empresa. Ou seja, estratégia trata-se de um processo que tem como objetivo alcançar a situação futura almejada pela organização e o principal recurso utilizado para isso é o planejamento estratégico (ANDRADE, 2016).

Para Kotler (2008), o planejamento estratégico refere-se ao processo administrativo de criar e manter uma relação de conformidade entre os objetivos e os recursos organizacionais e as movimentações e oportunidades do mercado. De acordo com Stoner e Freeman (1999), o planejamento estratégico se baseia em dois princípios fundamentais: estabelecimento de metas da organização e determinação de procedimentos para atingi-las com êxito.

No mesmo sentido, Oliveira (2018) afirma que planejamento estratégico se trata de uma metodologia gerencial que determina o melhor caminho a ser seguido pela organização a partir do aprimoramento das relações com o ambiente em que está inserida e de ações que sugerem

inovação e distinção dos concorrentes. Sob responsabilidade dos níveis superiores da empresa, há a definição dos objetivos organizacionais e a escolha dos cursos de ação para alcançá-los, com base na análise dos ambientes interno e externo à empresa, ou seja, faz-se o alinhamento dos objetivos de longo prazo com as estratégias que serão utilizadas para conquistá-los considerando o ambiente organizacional e a empresa.

Em se tratando de metodologia, o processo do planejamento estratégico é composto por fases, que mudam de acordo com a proposta do autor. Andrade (2016) propõem um modelo formado por seis etapas: (1) definição do negócio, da missão e da visão estratégica; (2) análise de forças e fraquezas; (3) análise de oportunidades e ameaças; (4) posicionamento estratégico da organização; (5) objetivos estratégicos; e (6) plano de ação. Vale ressaltar que a última etapa é o detalhamento do plano estratégico em termos de atividades táticas e operacionais, traduzindo-o de forma a ser entendido e executado e que cada um dos objetivos estratégicos determinados deve ter um plano de ação com metas, prazos e recursos definidos.

Mediante a realização do planejamento estratégico, a organização obtém autoconhecimento e conhecimento do ambiente em que está inserida podendo, assim, garantir vantagens competitivas. Maximiano (2011) elenca a permanência nas decisões, o equilíbrio e o melhor desempenho organizacional como sendo os três principais benefícios do planejamento estratégico.

Como abordado por Barboza e Rojo (2015), as ferramentas de gestão estratégica podem ser utilizadas na determinação e formulação de estratégias organizacionais. Portanto, são utilizadas também no processo do planejamento estratégico. Dentre as ferramentas de planejamento estratégico, as mais citadas por diversos autores são: análise 360°, análise SWOT, matriz BCG, elaboração de cenário, as cinco forças de Porter, fatores críticos de sucesso, “missão, visão e valores”, objetivos e metas estratégicas, indicadores do planejamento estratégico, matriz GUT, 5W2H. Aquelas que representam as mais indicadas para as MPEs serão tratadas com mais detalhes na seção 2.2.

## **2.2. Planejamento estratégico em micro e pequenas empresas**

No Brasil, existem três principais definições que limitam o que são MPEs. A mais habitual se trata da oferecida pela Lei Geral para Micro e Pequenas Empresas que determina que microempresas são aquelas que possuem um faturamento anual de até R\$ 360 mil por ano, enquanto as pequenas empresas têm receita bruta anual entre R\$ 360.000,01 e R\$ 3,6 milhões

(SEBRAE, 2012).

Do mesmo modo, órgãos federais como o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) utilizam o parâmetro da receita bruta anual para concessão de créditos. Contudo, nessa instituição de fomento os valores são fundamentados nos padrões do Mercosul, nos quais para ser considerada uma microempresa, a organização deve ter um faturamento anual de no máximo 1,2 milhão e desse valor, até 10,5 milhões para pequenas empresas (SEBRAE, 2012).

Sob outra perspectiva, algumas entidades se baseiam no número de empregados para classificar as MPEs. As pequenas empresas de comércio e serviço empregam entre 10 e 49 pessoas e as industriais e de construção, entre 20 e 99 (SEBRAE, 2012). Segundo Andrade (2016), muitas dessas empresas possuem estrutura organizacional simples com poucos funcionários e pequena hierarquia. Por isso, o processo de planejamento se dá de maneira informal e é centralizado pelo gestor ou proprietário, dando a ele um caráter pessoal. No mesmo sentido, Oliveira (2018) afirma que as MPEs, por conta de suas limitações características dos modelos de negócios, não devem atuar em várias frentes estratégicas ao mesmo tempo, mas devem analisar e direcionar estrategicamente suas ações com o intuito de otimizar recursos. O planejamento estratégico, como visto, tem a função de orientar quais procedimentos devem ser adotados estrategicamente conforme os objetivos organizacionais. Para o desenvolvimento do planejamento estratégico de micro e pequenas empresas, o SEBRAE (2016) indica, descreve e ensina o uso de cinco ferramentas básicas de apoio.

A primeira delas é o trio Missão-Visão-Valores, indicada para organizações que pretendem determinar sua direção estratégica, possibilitando aos gestores refletir o papel do seu negócio na sociedade e o futuro da empresa por meio da determinação da sua razão de ser (missão), situação futura em que deseja chegar (visão) e princípios (valores) que orientarão o comportamento da organização (NAKAGAWA, 2016).

A avaliação 360° é a segunda ferramenta apontada e tem como foco o desenvolvimento e aprimoramento dos colaboradores. Chiavenato (2014) a descreve como uma avaliação realizada de modo circular por todos os elementos gerando integração com o avaliado e a avalia positivamente, pelo fato de produzir diversas informações provindas de diferentes fontes. As informações levantadas durante a avaliação são utilizadas pelo avaliado para traçar um plano de ação a fim de melhorar suas competências.

A matriz SWOT trata da avaliação de forças (*strengths*), fraquezas (*weaknesses*), oportunidades (*opportunities*) e ameaças (*threats*). É indicada para realizar um diagnóstico da empresa e do

contexto externo em que está inserida. Esta ferramenta será tratada com mais detalhes na seção 2.3.

As cinco forças de Porter consistem em uma ferramenta estratégica de análise ambiental. Segundo Porter (2004), uma boa estratégia competitiva deve considerar a organização no meio em que ela está inserida. Sendo assim, determina-se o grau de concorrência a partir das cinco forças que estabelecem o potencial lucrativo da organização. São elas: ameaça de novos entrantes, rivalidade entre concorrentes existentes, produtos substitutos, poder de negociação dos clientes e poder de negociação dos fornecedores.

A matriz BCG, que leva a sigla do criador *Boston Consulting Group*, é um método de classificação utilizado para analisar unidades de negócio ou produtos. O enquadramento nas categorias estrela, vaca leiteira, dilema e peso morto é dado com base na taxa de crescimento do mercado e na participação relativa neste mercado. Dependendo da classificação, a empresa traçará diferentes estratégias para cada produto ou unidade (ANDRADE, 2016). O autor defende esta ferramenta como um importante instrumento de planejamento estratégico, já que permite uma visão do mercado, facilitando assim a identificação de oportunidades e ameaças. O SEBRAE (2016) indica o uso de ferramentas estratégicas para definição de metas para empresas de pequeno porte justificando que isso torna claro os conceitos de objetivo, indicador e meta, facilitando o uso das demais ferramentas apresentadas. Como defendido por Drucker (1997), ao definir e procurar atingir metas e objetivos, a empresa sabe claramente porque ela existe, o que ela faz, de que maneira e onde ela quer chegar.

### **2.3. Análise SWOT**

Dentre as diversas ferramentas utilizadas para análise de ambientes em planejamento estratégico, a mais conhecida e utilizada é a análise SWOT (ULRICH et al., 2002). Visto que, segundo Oliveira (2018), ao se tratar adequadamente os pontos fortes e fracos de uma organização, além das oportunidades e ameaças ambientais, o gestor tem uma visão geral do contexto em que a empresa está inserida e consegue definir a situação futura na qual se deseja chegar e os caminhos para alcançá-la.

No mesmo sentido, Fischmann e Almeida (2011) defendem que, por meio da análise SWOT, a empresa pode definir as estratégias empresariais e os fatores críticos de sucesso a fim de reduzir ou eliminar os agentes que afetam o desempenho organizacional e determinar meios que levem ao cumprimento da sua missão.

SWOT é um acrônimo para *strengths* (forças), *weaknesses* (fraquezas), *opportunities* (oportunidades) e *threats* (ameaças). A análise trata a ponderação desses fatores para avaliação estratégica. Os pontos fortes e fracos estão relacionados a fatores internos e controláveis pela empresa, com os primeiros gerando uma condição benéfica para a organização frente ao ambiente externo, e os últimos, uma situação desfavorável. As oportunidades e ameaças são aspectos externos e não controláveis. As oportunidades podem dar condições favoráveis a empresa caso ela queira aproveitá-las, já as ameaças dão um resultado contrário, gerando situações desvantajosas (OLIVEIRA, 2018).

Para realizar a análise SWOT, pode-se seguir a metodologia proposta com base em Montana e Charnov (2010) e Oliveira (2018), como segue:

- 1) Elaborar uma lista de gestores e pessoas chaves da empresa que levantarão questões importantes para gerar as possíveis estratégias organizacionais;
- 2) Realizar entrevistas individuais para levantar todas as informações junto às pessoas selecionadas na primeira etapa em termos de forças, fraquezas, oportunidades e ameaças;
- 3) Estruturar as informações em uma matriz SWOT;
- 4) Priorizar as questões a serem tratadas;
- 5) Definir as questões chaves e os cursos de ações para tratá-las.

A análise SWOT permite identificar os pontos críticos a serem diagnosticados na empresa para a realização do planejamento e da gestão estratégica. A matriz SWOT é formada com base em uma pesquisa sistêmica do ambiente interno e externo e os dados que a compõe devem ser precisos para que não causem interpretações ambíguas (KUAZAQUI, 2016).

Tendo em vista as vantagens da utilização da análise SWOT, estudiosos têm utilizado esta ferramenta em diversas áreas. Chen, Kim e Yamaguchi (2014) examinaram e compararam pontos fortes, pontos fracos, oportunidades e ameaças do Japão, Coréia do Sul e Taiwan. No contexto do avanço das políticas, tecnologias e instalações de energia renovável, foi identificada a capacidade de implantação adicional de energia renovável nesses países, destacando a necessidade de maior cooperação entre os três países para fortalecer seus setores nacionais e regionais de energia renovável.

No setor de saúde, Blockeel et al. (2016) analisam a estratégia *freeze all* na fertilização *in vitro*, por meio da análise SWOT. Niederwieser et al. (2016) realizaram a análise SWOT da Rede Mundial de Transplante de Sangue e Medula Óssea revelando que sua perspectiva global se

caracteriza como a maior força e identificou potencial para ser o principal órgão profissional para pacientes e autoridades como oportunidade. Já a coleta limitada de dados é sua principal fraqueza e ameaça.

No mesmo segmento da presente pesquisa, Machmud e Sidharta (2014) usam a análise no contexto de pequenas empresas. O objetivo principal do estudo é encontrar um modelo de negócios para pequenas e médias empresas (PMEs) como estratégia de gestão a partir da análise fatorial interna e externa, por meio da análise SWOT.

#### **2.4. Matriz GUT**

A matriz GUT segundo Cesar (2013), é uma ferramenta que prioriza os problemas baseando em medidas ou subjetividade. Esta ferramenta possui este nome devido as iniciais das palavras gravidade, urgência e tendência. A gravidade demonstra a importância do problema examinado em relação aos outros apresentados (qual o impacto?); a urgência é referente à sua importância em relação ao tempo (requer solução imediata?); a tendência indica o sentido da gravidade do problema se o mesmo tende a aumentar ou a diminuir ao longo do tempo (FERREIRA et al., 2014).

Para construção da matriz GUT Bezerra et al. (2012), considera os seguintes passos: listar os problemas para análise, atribuir nota de 1 a 5 para cada elemento (gravidade, urgência e tendência) de acordo com sua intensidade, multiplicar os valores atribuídos a cada situação e por fim priorizar os problemas na ordem decrescente do valor do resultado, sendo o ponto com maior valor o primeiro a ser solucionado e assim sucessivamente.

Desse modo, a matriz GUT responde as seguintes questões: “o que devemos fazer primeiro?” e “por onde devemos começar?” (HÉKIS et al., 2013), auxiliando a elaboração de um plano de ação (FERROLI, et al., 2000).

### **3. Metodologia de pesquisa**

O presente trabalho é classificado como uma pesquisa descritiva e explicativa. A pesquisa descritiva segundo Castro (1976), considera apenas a coleta e expõe o cenário de uma situação, explicitada em números, com a natureza da relação entre variáveis feita por meio da pesquisa explicativa. Diante disso, o trabalho descreve as características e estabelece a relação entre as questões analisadas por meio da matriz SWOT, juntamente com a matriz GUT, por meio dos

dados analisados da empresa estudada.

Em relação as abordagens da pesquisa, a mesma é qualitativa devido a utilização da matriz SWOT para coleta de dados e melhor compreensão das questões analisadas no trabalho e quantitativa devido ao uso da matriz GUT, a qual prioriza os dados coletados conforme uma escala numérica. De acordo com Malhotra (2001), a pesquisa qualitativa tem por objetivo obter uma melhor visão e compreensão do problema, enquanto a pesquisa quantitativa mensura os dados coletados e aplica alguma forma de análise.

Quanto ao método de pesquisa utilizou-se o estudo de caso, o qual Marconi e Lakatos (2011) descrevem como sendo uma investigação profunda de certa situação de forma a abranger todos os seus aspectos. Para a coleta de dados utilizaram-se perguntas descritivas baseadas na Tab. 1, na qual realizou-se entrevistas semiestruturadas no mês de dezembro/2018, com a gestora de uma microempresa, do setor alimentício, categorizada como uma casa de chá/cafeteria, localizada no interior de Goiás.

Tabela 1 – Questões para análise SWOT

<b>Forças</b>	<b>Fraquezas</b>
Quais são as vantagens da sua empresa?	O que poderia ser melhorado?
O que a sua empresa faz melhor do que as concorrentes?	O que deveria ser evitado?
O que a empresa possui de singular?	Que fatores prejudicam as vendas?
O que as pessoas pertencentes ao mesmo mercado pensam ser as forças de seu negócio?	O que as pessoas pertencentes ao mesmo mercado provavelmente pensam ser as fraquezas de seu negócio?
<b>Oportunidades</b>	<b>Ameaças</b>
Quais são as vulnerabilidades dos seus competidores?	Que obstáculos você enfrenta?
Quais são as tendências atuais do mercado?	O que seus competidores estão fazendo?
A tecnologia oferece novas opções de serviço?	A mudança tecnológica está ameaçando sua posição?
Há nichos do mercado que sua empresa poderia suprir?	Você tem problemas de fluxo de caixa?

Fonte: Adaptado de Fitzsimmons e Fitzsimmons (2014)

Por meio dos questionamentos apresentados na Tab. 1 foi possível realizar uma análise das informações coletadas e assim, estruturar uma matriz SWOT para a microempresa estudada. Posteriormente fez-se o uso da matriz GUT para priorização das questões relacionadas às

fraquezas e oportunidades, com o intuito de apresentar orientações a microempresa quanto ao planejamento de suas metas e objetivos, auxiliando a mesma em sua gestão estratégica.

#### **4. Resultados e discussões**

Após a coleta de dados na microempresa na qual foi realizado o estudo, foi possível juntamente com a gestora estruturar uma matriz SWOT, conforme a Tab. 2. Esta demonstra os fatores internos subdivididos em forças e fraquezas, e os fatores externos subdivididos em oportunidades e ameaças.

Por meio da matriz SWOT, foi realizada uma análise dos aspectos relevantes referente ao macro e microambiente da microempresa estudada. É importante ressaltar o fato de que a microempresa tenha sido inaugurada há apenas um ano, fato que impactou em alguns aspectos relacionados ao seu microambiente, como em relação a não possuir uma carteira de clientes fidelizados, pequeno quadro de funcionários e não possuir *delivery*. Embora jovem, a microempresa demonstrou possuir dentre seus pontos fortes a diversidade e a diferenciação. Estes são de grande impacto devido a existência de poucos estabelecimentos da mesma categoria (i.e. casa de chá/cafeeteria) na região onde está inserida.

Em relação a análise no macroambiente quanto aos fatores externos, há mais oportunidades do que ameaças. Este fato favorece o mercado alimentício, levando-se em consideração o crescimento do setor de consumo de chás, a tendência do consumo de alimentos fora de casa, a migração de pessoas de diferentes culturas na cidade onde está instalada a microempresa, além da oportunidade de instalação de filiais móveis (*food truck*). Esta tendência pode ser observada na Pesquisa de Orçamentos Familiares (POF) 2017-2018, realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a qual mostra que as famílias brasileiras têm preferido comer fora de casa em lanchonetes e restaurantes, ao invés de preparar a alimentação para consumo em casa (IBGE, 2019).

Tabela 2 – Resultados análise SWOT

<b>Matriz SWOT</b>	
<b>Fatores Internos</b>	
<b>Forças</b>	<b>Fraquezas</b>
- Alimentos de qualidade com preços acessíveis	- Estrutura física pequena
- Alimentos caseiros	- Poucas acomodações para os clientes
- Alimentos e bebidas de origem inglesa e italiana	- Má localização
- Alimentos diversificados e com qualidade diferenciadas	- Não possui <i>delivery</i>
- Bom relacionamento com os clientes	- Pouco <i>marketing</i>
- Atendimento ao público de variadas faixas etárias	- Baixo quadro de funcionários
	- Falta acesso de <i>Wi-Fi</i> aos clientes
	- Falta de uma carteira de clientes
<b>Fatores Externos</b>	
<b>Oportunidades</b>	<b>Ameaças</b>
- Crescimento da alimentação fora de casa	- Entrada de outra cafeteria/casa de chás com maior poder financeiro, melhor localização e estrutura física
- Tendência de as pessoas buscarem novas opções de pratos diferenciados do cardápio brasileiro	- Variação dos custos da matéria-prima
- Suprir a necessidade para atender os nichos do mercado de pessoas com diferentes culturas instalados na cidade	- Fornecedores não atenderem as necessidades conforme solicitado no momento necessário
- Perspectiva de aumento do PIB da cidade	- Economia instável do país, pois o estabelecimento é um local frequentado para lazer, e alterações político-econômicas podem desfavorecer o consumo de itens supérfluos
- Compra da matéria-prima com menor custo	
- Atendimento de <i>buffet</i> em eventos, exposições e feiras	
- Abertura de uma filial móvel ( <i>food truck</i> )	
- Aumento do consumo de produtos naturais (chás)	
- Clima tropical reduzindo a sazonalidade dos produtos, pois os chás podem ser servidos quentes ou gelados	

Fonte: Elaborada pela autora

Durante a criação da matriz SWOT, a gestora da microempresa demonstrou desconhecer a ferramenta e seus benefícios no planejamento estratégico. Além disso, houve dificuldades na identificação das ameaças ao seu negócio. Quando questionada em relação as fraquezas e oportunidades observou-se que a gestora tinha conhecimento das melhorias necessárias a serem realizadas, porém, ainda não tinha consciência com relação a quais ações deveria iniciar e

também, não possuía um plano de ação. Essa é uma das dificuldades encontradas pelas MPEs devido a falta de capacidade e capital para atuar em diversas ações de melhoria de forma simultânea.

Dessa forma, foi necessária a utilização da matriz GUT com a finalidade de priorizar as ações a serem realizadas pela microempresa no processo de planejamento estratégico, analisando alguns dos fatores (fraquezas e oportunidades) demonstrados na matriz SWOT. Foram escolhidos apenas estes dois fatores, fraquezas e oportunidades, por serem considerados fatores que dependem de ações internas da organização. Com relação aos fatores relacionados a ameaças, não é possível a microempresa ter controle sobre os mesmos, pois estão correlacionados a condições externas a organização. Quanto as forças, as mesmas também não foram consideradas na realização da matriz GUT por se subentender que estes são fatores que a empresa deve manter. Os resultados da matriz GUT estão demonstrados na Tabela 3.

Tabela 3 – Resultados matriz GUT

Matriz GUT						
Fator	Nº	Situação	G	U	T	Total
Fraquezas	1	Estrutura física pequena	4	3	3	36
	2	Poucas acomodações para os clientes	5	5	5	<b>125</b>
	3	Má localização	3	2	3	18
	4	Não possui <i>delivery</i>	5	4	3	60
	5	Pouco <i>marketing</i>	4	5	4	<b>80</b>
	6	Baixo quadro de funcionários	4	4	2	32
	7	Falta acesso de <i>Wi-Fi</i> aos clientes	2	2	1	4
Oportunidades	8	Pratos diferenciados do cardápio brasileiro	5	3	3	45
	9	Atender os nichos do mercado (de pessoas com diferentes culturas instalados na cidade)	4	2	2	16
	10	Compra da matéria-prima com menor custo	5	5	4	<b>100</b>
	11	Atendimento de <i>buffet</i> , exposições, feiras	4	4	3	48
	12	Abertura de uma filial móvel ( <i>food truck</i> )	3	3	3	27

Fonte: Elaborada pela autora

Com base na análise da matriz GUT foi possível observar a necessidade de a microempresa priorizar as melhorias relacionadas a questões das acomodações para os clientes, sendo esta uma questão indispensável de alta gravidade e de grande urgência, pois caso algum cliente fique

sem acomodação, será impossível atendê-lo, podendo o mesmo deixar o estabelecimento. Como visto, este fator está diretamente interligado às vendas e conseqüentemente a lucratividade da microempresa bem como a fidelização de seus clientes. Logo após verificamos outro grande fator de impacto que está relacionado a compra de matéria-prima com menor custo, devido a microempresa não possuir fornecedores fixos ou atacadistas com preços mais atrativos. Ao se analisar o terceiro fator a ser priorizado, o *marketing*, a microempresa tem investido em poucas ferramentas de divulgação de seus produtos. São feitas apenas divulgações em redes sociais, em poucas quantidades e ocasionalmente.

Contudo, por meio dos resultados da matriz GUT a gestora da microempresa estará apta a traçar planos de ação conforme dada a priorização de cada fator. Será possível assim, que a gestora da microempresa possa direcionar seus esforços em ações priorizadas, as quais proporcionarão maiores impactos em suas vendas e conseqüentemente em seus lucros.

## **5. Considerações finais**

Esta pesquisa demonstrou a importância da análise SWOT juntamente com a utilização da matriz GUT, como forma de introduzir o planejamento em MPEs, a fim de possibilitar que seus gestores tracem seus objetivos. Assim, por meio de um estudo de caso em uma microempresa foi possível visualizar a aplicação da análise SWOT, a qual possibilitou a gestora da empresa realizar um reconhecimento do ambiente interno e externo de sua organização, estabelecendo aspectos relevantes quanto a suas forças, fraquezas, ameaças e oportunidades. Posteriormente foram priorizadas algumas ações por meio da matriz GUT, como forma de direcionamento estratégico para que a microempresa estudada pudesse alcançar seus objetivos e implementar melhorias a fim de diminuir suas fraquezas e usufruir de suas oportunidades.

Diante do cenário exposto, nota-se que o objetivo proposto foi alcançado, uma vez que foi possível ilustrar por meio de um estudo de caso em uma microempresa, a importância da análise SWOT com o complemento da matriz GUT, para o propósito de introduzir o processo de planejamento estratégico em MPEs. O trabalho demonstrou a viabilidade da utilização da análise SWOT em conjunto com a matriz GUT em MPEs, de forma prática, contribuindo assim no âmbito empresarial. Já no âmbito acadêmico a pesquisa servirá como subsídio a novos estudos com base na aplicabilidade da análise SWOT associada a matriz GUT.

## REFERÊNCIAS

ANDRADE, A. R. de. Planejamento estratégico: formulação, implementação e controle. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2016.

BARBOZA, J. V. S.; ROJO, C. A. Diagnóstico estratégico em uma empresa do setor moveleiro através das análises SWOT, matriz BCG e 5 forças de Porter. Revista da Micro e Pequena Empresa, São Paulo, v. 9, n. 1, p. 103-116. 2015. Disponível em: <<http://www.cc.faccamp.br/ojs-2.4.8-2/index.php/RMPE/article/view/704> >. Acesso em: 03 dez. 2018.

BEZERRA, T. T. C. et al. Aplicação das ferramentas da qualidade para diagnóstico de melhorias numa empresa de comércio de materiais elétricos. XXXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção: desenvolvimento sustentável e responsabilidade social: as Contribuições da Engenharia de Produção. Bento Gonçalves, v. n, p. 1-14, 2012.

BLOCKEEL, C. et al. A fresh look at the freeze-all protocol: a SWOT analysis. Human reproduction, v. 31, n. 3, p. 491-497, 2016. Disponível em: < <https://academic.oup.com/humrep/article/31/3/491/2384863>>. Acesso em: 07 dez. 2018.

CASTRO, C. M. Estrutura e apresentação de publicações científicas. São Paulo: McGraw-Hill, 1976.

CESAR, F. I. G. (2013). Ferramentas Gerenciais da Qualidade, 1st ed., Seven System International Ltda., São Paulo, SP.

CHEN, W.-M.; KIM, H.; YAMAGUCHI, H. Renewable energy in eastern Asia: Renewable energy policy review and comparative SWOT analysis for promoting renewable energy in Japan, South Korea, and Taiwan. Energy Policy, v. 74, p. 319-329, 2014. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421514004728>>. Acesso em: 07 dez. 2018.

CHIAVENATO, I. Introdução à teoria geral da administração. 9. Ed. São Paulo: Manole, 2014.

DINO. Micro e pequenas empresas mantêm cenário positivo mesmo com reflexos da crise financeira. Exame. São Paulo, 21 ago. 2018. Disponível em:

<<https://exame.abril.com.br/negocios/dino/micro-e-pequenas-empresas-mantem-cenario-positivo-mesmo-com-reflexos-da-crise-financeira/>>. Acesso em: 03 dez. 2018.

DRUCKER, P. A organização do futuro: como preparar hoje as empresas de amanhã. 2. ed. São Paulo: Futura, 1997.

FERREIRA, M. A. et al. (2014). Quatro Ferramentas Administrativas Integradas para o Mapeamento de Falhas: Um Estudo de Caso. Revista UNIABEU, Vol.7, No. 16.

FERROLI, Paulo Cesar Machado et al. Fábricas de subprodutos de origem animal: a importância do balanceamento das cargas dos digestores de vísceras. Production, v. 10, n. 2, p. 05-20, 2000.

FISCHMANN, A. A.; ALMEIDA, M. I. R. de. Planejamento Estratégico na Prática. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2011.

FITZSIMMONS, James A.; FITZSIMMONS, Mona J. Administração de Serviços: Operações, Estratégia e Tecnologia da Informação. Amgh Editora, 2014.

HÉKIS, H. R. et al. Análise GUT e a gestão da informação para tomada de decisão em uma empresa de produtos orgânicos do Rio Grande do Norte. Revista Tecnologia, v. 34, n. 1/2, p. 20-32, 2013.

IBGE, Coordenação de Trabalho e Rendimento. Pesquisa de orçamentos familiares 2017-2018: primeiros resultados. Rio de Janeiro: IBGE, 2019

KOTLER, P. Administração de marketing: análise, planejamento, implementação e controle. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

KUAZAQUI, E. Planejamento Estratégico. São Paulo: Cengage Learning, 2016.

LUCINDA, M. A. (2010). Qualidade fundamentos e práticas para cursos de graduação. Ed. Brasport, Rio de Janeiro, RJ.

MACHMUD, S.; SIDHARTA, I. Business models for SMEs in Bandung: Swot analysis. *Jurnal Ekonomi, Bisnis & Entrepreneurship*, v. 8, n. 1, p. 51-61, 2014. Disponível em: < <http://jurnal.stiepas.ac.id/index.php/jebe/article/view/38>>. Acesso em: 07 dez. 2018.

MALHOTRA, N. Pesquisa de marketing. 3.ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

MARCONI, M. de A. LAKATOS, E. M. Metodologia Científica. 5ªed. São Paulo: Atlas, 2011.

MAXIMIANO, A. C. A. Introdução à Administração. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2011.

MCCREADIE, K. A. (2008). Arte da Guerra SUN TZU: uma interpretação em 52 ideias brilhantes. 1st ed., Globo, São Paulo, SP.

MONTANA, P. J.; CHARNOV, B. H. Administração - Série Essencial. 3. ed. São Paulo: Saraiva, 2010.

NAKAGAWA, M. Ferramenta: missão, visão, valores (clássico). Sebrae. São Paulo, 2016. Disponível em: < [http://www.sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/Anexos/ME\\_Missao-Visao-Valores.PDF](http://www.sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/Anexos/ME_Missao-Visao-Valores.PDF)>. Acesso em: 05 dez. 2018.

NIEDERWIESER, D. et al. Hematopoietic stem cell transplantation activity worldwide in 2012 and a SWOT analysis of the Worldwide Network for Blood and Marrow Transplantation Group including the global survey. *Bone marrow transplantation*, v. 51, n. 6, p. 778, 2016. Disponível em: < <https://www.nature.com/articles/bmt201618>>. Acesso em: 07 dez. 2018.

OLIVEIRA, D. P. R. de. Planejamento Estratégico: conceitos, metodologia e práticas. 34. ed. São Paulo: Atlas, 2018.

OLIVEIRA, I. B; BATISTA, J. L. A utilização da análise SWOT como ferramenta de planejamento estratégico em micro e pequenas empresas: estudo de caso na empresa Ouri

Óticas do município de Ourinhos-SP. Revista Hórus, Ourinhos, v. 12, n. 1, p. 1-31, 2017. Disponível em: <<http://revistaadmmade.estacio.br/index.php/revistahorus/article/view/4137>>. Acesso em: 03 dez. 2018

PEREIRA, P. T. V. Planejamento estratégico para pequenas empresas. Sebrae. Florianópolis, 20 fev. 2018. Disponível em: <<http://blog.sebrae-sc.com.br/planejamento-estrategico-pequenas-empresas/>>. Acesso em: 03 dez. 2018.

PORTER, M. E. Estratégia competitiva: técnicas para análise de indústrias e da concorrência. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

RIBEIRO, I. Planejamento estratégico aplicado aos pequenos negócios. Sebrae. Salvador, 15 ago. 2016. Disponível em: <<http://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/bis/planejamento-estrategico-aplicado-aos-pequenos-negocios,d2cb26ad18353410VgnVCM1000003b74010aRCRD>>. Acesso em: 03 dez. 2018.

ROTTA, A. Mais de 60% das micro e pequenas empresas fecham as portas por não procurarem ajuda! 4ADVISER. Ribeirão Preto, 09 jun. 2018. Disponível em: <<http://www.4adviser.com.br/blog/2018/06/09/mais-de-60-das-micro-e-pequenas-empresas-fecham-as-portas-por-nao-procurarem-ajuda/>>. Acesso em: 03 dez. 2018.

SANTOS, M. C.; FERNANDES, M. E. B. A. A ferramenta análise SWOT no processo de formulação das ações estratégicas nas pequenas empresas - um estudo de caso na empresa Empreiteira Magnu Jd São Paulo Ltda. Revista Fatec Sebrae em debate: gestão, tecnologias e negócios, São Paulo, v. 2, n. 2, p. 111-126. 2015. Disponível em: <<http://revista.fatecsebrae.edu.br/index.php/em-debate/article/view/19>>. Acesso em: 03 dez. 2018

SANTOS, M. dos. Análise SWOT para pequenas empresas: o que muda e como fazer. Conta Azul. Joinville, 22 fev. 2017. Disponível em: <<https://blog.contaazul.com/analise-swot-para-pequenas-empresas-o-que-muda-e-como-fazer>>. Acesso em: 03 dez. 2018.

SEBRAE. Pequenas e médias empresas no Brasil. Observatório Internacional Sebrae. São

Paulo, 2012. Disponível em: <ois.sebrae.com.br/wp-content/uploads/2012/11/Brasil.pdf>. Acesso em: 06 dez. 2018.

SEBRAE. 6 ferramentas para o planejamento estratégico da sua empresa. Planejamento Estratégico. São Paulo, 15 ago. 2016. Disponível em: <<http://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/6-ferramentas-para-o-planejamento-estrategico-da-sua-empresa,281479e90d205510VgnVCM1000004c00210aRCRD>>. Acesso em: 05 dez. 2018.

SEBRAE. Pequenos negócios em números. Estudo de Mercado. São Paulo, 07 jun. 2018. Disponível em: <<http://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/ufs/sp/sebraeaz/pequenos-negocios-em-numeros,12e8794363447510VgnVCM1000004c00210aRCRD>>. Acesso em: 30 nov. 2018.

STONER, J. A. F.; FREEMAN, R. E. Administração. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1999.

ULRICH, Schiefer et al. MAPA—Manual de Planejamento e Avaliação de Projetos. Cascais: Principia, 2002.

WRIGHT, P.; KROLL, M. J.; PARNELL, J. (2011). Administração Estratégica: conceitos. Atlas, São Paulo, SP.

# Capítulo 9

## PROPOSTA PARA PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO DE PIZZAS: ESTUDO DE CASO

Andressa Raquel Weber

Felipe Tomm

Fernando Zarth

Lucas Tilvitz Backes

Sirnei Cesar Kach

# PROPOSTA PARA PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO DE PIZZAS: ESTUDO DE CASO

Andressa Raquel Weber

Felipe Tomm

Fernando Zarth

Lucas Tilvitz Backes

Sirnei Cesar Kach

## Resumo

Para que as empresas possam se manter competitivas, torna-se essencial o planejamento e controle da produção adequados, visando utilizar os recursos da melhor forma possível. Diante disso, foi realizada a revisão bibliográfica e acompanhamento do processo de montagem de pizzas, a fim de entender melhor o processo e coletar os tempos. O objetivo deste artigo é utilizar as ferramentas do PCP (Programação e Controle da Produção) na fabricação de pizzas. Quanto à metodologia, trata-se de uma pesquisa descritiva, explicativa e aplicada, pois tem como base um estudo teórico, com posterior estudo prático. A pesquisa possui caráter documental caracterizando-se como estudo de caso. Para a coleta de dados foram utilizadas as técnicas de observação e entrevistas informais, para obter informações acerca dos tempos e atividades envolvidas nos processos. A análise de dados se deu por meio da análise de conteúdo, para descrever os resultados de forma objetiva e sistemática. Como resultados, apresenta-se a análise geral de entradas e saídas, estrutura do produto, distribuição de tarefas, custos de matéria prima e planejamento de estoques.

**Palavras-chave:** gestão da produção, produção de pizzas, PCP.

## 1. Introdução

Perante a acirrada concorrência de mercado, torna-se essencial o uso de um PCP adequado, visando utilizar os recursos da melhor maneira possível. Por muito tempo a prevalência da produção era a diminuição de custos e aumento da eficiência. Esse conceito foi mudando e

dando espaço a um acréscimo de objetivos, como a qualidade, agilidade, confiabilidade, flexibilidade e claro, mantendo o foco em redução de custos também.

Segundo Vollmann, Berry e Whybark (1997), o PCP aprovisiona informações a fim de garantir uma gestão eficiente de materiais, pessoas e equipamentos disponíveis. Busca coordenar atividades internas com as de fornecedores externos, além de uma comunicação adequada com o mercado consumidor. Zaccarelli (1986), afirma que é substancialmente um agregado de funções inter-relacionadas com a finalidade de comandar o processo produtivo e gerenciar resultados conforme, perante os demais setores administrativos da empresa.

O presente trabalho buscou estudar a aplicação do planejamento e controle da produção na fabricação de pizzas. Foi realizado estudo bibliográfico e coleta dos tempos, para posterior análise de resultados. O trabalho segue a ordem: Introdução na primeira seção (atual), na segunda o referencial teórico, seguido de metodologia na terceira seção, análise e discussão de resultados na quarta seção e, por fim, na quinta seção as considerações finais do estudo.

## **2. Referencial teórico**

São abordados a seguir assuntos fundamentados na programação e controle da produção.

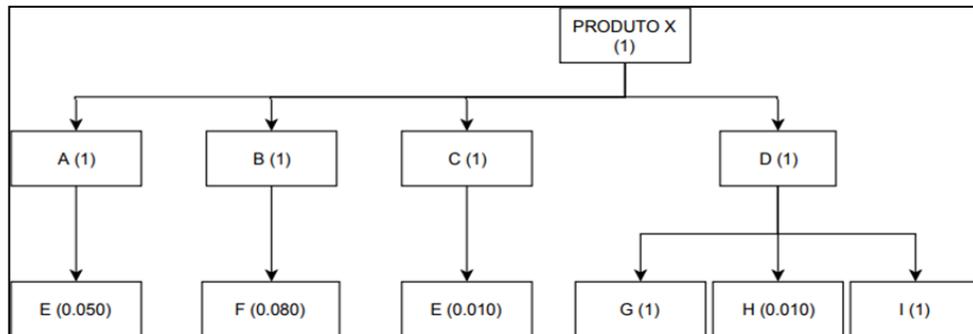
### **2.1. Estrutura do produto**

Desenhar as estruturas de produto completas é muito importante para o planejamento e controle da produção, influenciando no desempenho do sistema. São estas estruturas que definirão a burocracia imposta pelo MRPII. É necessário que a análise da estrutura seja muito crítica, levando em conta as estruturas lógicas e o sistema produtivo (CORRÊA; GIANESI; CAON, 2007).

Segundo a APICS (1992), definiu que a estrutura de um produto é a listagem de todos os componentes, sub-montagens, itens comprados e matéria prima utilizados para fabricar e montar um produto, apresentando as dependências e quantidades necessárias. Peinado e Graeml (2007) afirmam que através da estrutura do produto, a qual mostra os itens da sub-montagem, é possível que o MRP emita ordens de compra e ordem de fabricação dos subitens. Sendo assim, informar o fornecedor da necessidade de peças e indicar a determinado setor sobre a necessidade de fabricação do componente. A Figura 1 apresenta um exemplo de

estrutura do produto.

Figura 1 - Estrutura do produto



Fonte: adaptado de Peinado e Graeml (2007)

### 2.1.1. Capacidade instalada

Planejar a capacidade da empresa é uma atividade crítica de forma paralela ao planejamento de materiais. Conhecer a provisão da capacidade necessária possibilita que sejam obtidos todos os benefícios do MRP II. Não conhecer a capacidade produtiva pode impactar seriamente no andar da empresa. Em casos de capacidade insuficiente, a empresa gera uma má impressão para os seus clientes, aumenta os estoques e frustra os colaboradores, que sempre trabalham sob pressão (CORRÊA; GIANESI; CAON, 2007).

Segundo Favaretto (2001), planejar a capacidade é “assegurar a compatibilidade entre a capacidade disponível em centros de trabalho específicos e a capacidade necessária para atender a produção planejada”, sendo este o objetivo. Ele pode ser utilizado para contrastar diferentes panoramas de planejamento.

Peinado e Graeml (2007) afirmam que existe diferença entre capacidade instalada, disponível, efetiva e realizada. A capacidade instalada é utilizada para situações estratégicas, referindo-se ao volume máximo de pode ser alcançado por uma unidade produtora, trabalhando em tempo integral. A capacidade disponível também é voltada ao volume máximo fabricado em uma unidade produtiva, sem perdas, porém, condizente a uma jornada de trabalho. A capacidade efetiva refere-se a capacidade disponível na empresa e considera perdas já planejadas pela empresa, enquanto a capacidade realizada ainda considera perdas não planejadas.

### **2.1.2. Medição e controle sobre a produtividade**

Moreira (1994), afirma que a produtividade está coadunada com a eficácia do sistema produtivo em questão. Para ele, eficácia é a forma de utilização dos recursos produtivos. Os produtos ou serviços são oferecidos aos clientes através deste sistema produtivo, arranjado no quadro tecnológico e administrativo. Ishiwara (1996), afirma que a produtividade busca a melhoria contínua de algo já existente, buscando fazer melhor a cada dia que passa.

Lobo e Silva (2014), definem produtividade como “a capacidade de produzir, partindo-se de certa quantidade de recursos”. Para eles, as medidas de produtividade são divididas em índices parciais, índices globais e produtividade total. Os índices parciais consideram somente uma entrada (energia, mão de obra, etc.), enquanto os índices globais consideram uma ou mais entradas que são considerados os prepotentes da equação. A produtividade caracteriza-se pela relação entre as saídas e a soma de entradas.

Um agrupamento de indicadores de desempenho para PCP é exposta por Oliveira (1999), sendo estes: Projeção do Prazo da Obra (PPO), Índice de Desvio de Ritmo (DR), Percentual de Solicitações Irregulares de Material (PSIM), Percentual de Entregas irregulares de Material (PMAT), Percentual do Planejamento Concluído (PPC), Percentual de Atividades Iniciadas no Prazo (PAP) e Percentual de Atividades Completadas na Duração Prevista (PDP). Diversos fatores contribuem para a medida de desempenho da produção, como por exemplo as máquinas, qualidade dos produtos, supressão de mão de obra e matéria prima. Quanto maior a produtividade, maior a competitividade, atenuação de preços e da jornada de trabalho (LOBO; SILVA, 2014).

### **2.1.3. Desperdícios**

Para Oishi (1995), desperdícios podem aparecer em quaisquer situações, desde a obtenção de matéria até a assistência aos clientes. Podem ser ocasionados por mau planejamento, erros de execução, verificação de resultados ou na tomada de decisão incorreta. A melhoria é então uma eliminação de desperdício, podendo ser quantificável ou não.

Segundo Ohno (1997), desperdício pode ser caracterizado como tudo aquilo que não agrega valor ao produto e normalmente está incorporado aos processos, tornando mais difícil sua identificação. Esta dificuldade está relacionada em alguns casos, pelo fato de se acreditar que

não há formas de eliminar etapas do processo que não agregam valor ao produto, em função do tempo que ela existe. Quando identificados os desperdícios existentes, os mesmos devem ser eliminados, acarretando ganhos consideráveis ao processo. O autor destaca sete desperdícios:

- Superprodução: É considerado como o promotor dos demais desperdícios. Consiste em produzir mais que a demanda do momento.
- Espera: Ociosidade de pessoas e máquinas devido ao desbalanceamento da linha.
- Transporte: Transporte desnecessário de peças ou produtos sem necessidade, sem agregar valor ao produto.
- Estoque: Desperdício de investimento e espaço. Disfarçam problemas na produção, ocasionando baixa qualidade e produtividade.
- Processamento: Processos que não agregam valor ao produto, caracterizado como retrabalho, como por exemplo, retoque na pintura.
- Movimentação: Movimentação dispensável no processo, que não agrega valor, como por exemplo, procurar ferramenta.
- Produtos defeituosos: Produtos não conformes, ocasionando perda de esforço, tempo e manuseio.

Para Corrêa & Corrêa (2008), se o objetivo da organização é alcançar excelência e qualidade no serviço prestado, a redução ou eliminação de desperdícios impactará rapidamente em diversos pontos, como, por exemplo: aumento da produtividade, redução do tempo de atravessamento da matéria prima, problemas de qualidade e acidentes de trabalho.

### **3. Material e métodos**

O presente estudo foi realizado a fim de estudar o planejamento e controle da produção para fabricação de pizzas. Foram cronometrados tempos reais para os cálculos, através do acompanhamento da montagem de pizzas de determinados sabores.

Vergara (2011) divide a metodologia com base nos fins e nos meios.

Quanto aos fins, a pesquisa possui natureza:

- Descritiva, devido ao embasamento teórico apresentado inicialmente, seguido de discussão de resultados.
- Explicativa, por visar deixar evidente as escolhas e suas justificativas.

Quanto aos meios, a pesquisa possui caráter:

- Bibliográfica por contar com embasamento teórico com base em materiais disponíveis ao público em geral, como livros, revistas, jornais e redes eletrônicas.
- Estudo de caso por contar com profundidade e detalhamento, possuindo dados particulares de uma empresa, não podendo ser aplicada a outras.

Para a coleta de dados do presente estudo, foram utilizadas as técnicas de observação exploratória, onde, segundo Gil (2017), o pesquisador permanece alheio a situação que deseja estudar, observando os fatos que ocorrem. O pesquisador é aproximado do fenômeno que está estudando. Foram ainda realizadas entrevistas informais com cada setor e também com os dirigentes da empresa visitada, para obter informações do processo produtivo.

A análise de dados ocorreu por meio da análise de conteúdo, por que Gil (2017), aponta que é a técnica mais usada quando se refere a textos escritos ou transcritos. Essa técnica tem como objetivo descrever o conteúdo de forma objetiva, sistemática e qualitativa.

#### **4. Apresentação de resultados**

A sessão a seguir se caracteriza pela análise do PCP para fabricação de pizzas de calabresa e strogonoff, sendo a metade de cada sabor.

##### **4.1. Análise geral de entradas e saídas**

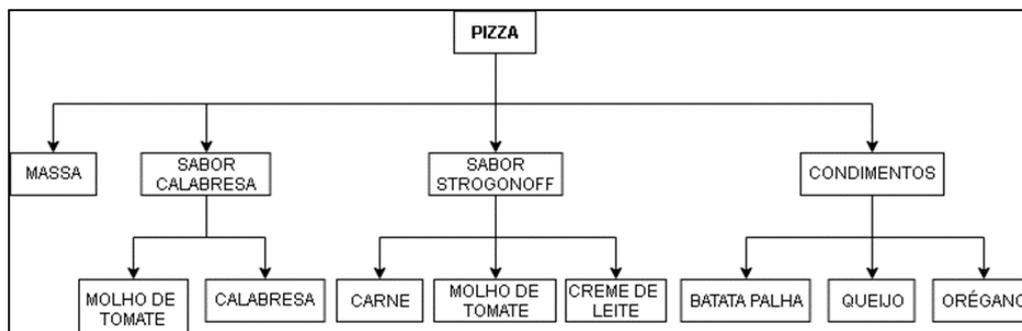
O serviço de produção de pizzas é realizado conforme a demanda, não havendo um número fixo diário. A previsão é elaborada com base em históricos de dados e consulta de mercado.

Como entrada do processo, pode-se identificar o pessoal contratado, matéria prima a ser utilizada, produtos terceirizados, local e energia (elétrica e gás de cozinha). Após o processamento para produção, obtém-se como saída, as pizzas prontas.

## 4.2. Estrutura do produto

A estrutura do produto a ser comercializada está representada na Figura 02, onde são identificados todos os componentes em uma relação, pais e filhos.

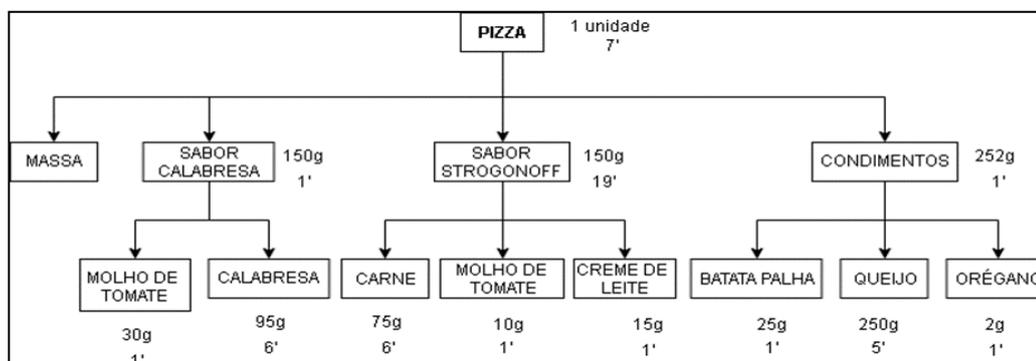
Figura 2 - Estrutura do produto



Fonte: Os Autores (2018)

Após uma verificação levando em conta os tempos de cada processo de montagem e a /quantidade de cada ingrediente, elaborou-se uma nova estrutura, apresentada na Figura 03. Produtos que não apresentam tempo de preparo/cozimento são adquiridos prontos de terceiros.

Figura 3 - Quantidade e tempo necessário para montagem de uma pizza



Fonte: Os Autores (2018)

Além do processo de montagem, ainda são considerados 15 minutos para assar a pizza. Tem-

se como dado histórico a produção diária, em média de vinte pizzas por dia. As quantidades e tempos necessários para montagem das vinte pizzas, são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Tempo e quantidade para fabricação de vinte pizzas

Ingrediente	Quantidade	Tempo de preparo
Massa	20 unidades	-
Molho de tomate	800g	40'
Calabresa	1900g	120'
Carne	1500g	120'
Batata palha	500g	20'
Creme de leite	300g	20'
Queijo	5000g	100'
Orégano	40g	20'

Fonte: Os Autores (2018)

O tempo de trabalho efetivo é de 8 horas (480 minutos) diárias, utilizadas para produzir a demanda de 20 pizzas. Utilizando a demanda de vinte unidades, o tempo de ciclo para produção é de 24 minutos.

### 4.3. Distribuição de tarefas

É importante que para o processo seguir da forma esperada, as tarefas dos operadores estejam bem alinhadas. As operações a serem realizadas são listadas, com as respectivas descrições e tempos no Tabela 3.

Tabela 2 - Operações sequenciais realizadas, com suas respectivas descrições e tempos

Operação	Descrição	Tempo
Op. 1	Pegar e abrir o molho de tomate	1'
Op. 2	Pegar e picar a calabresa	6'
Op. 3	Pegar e picar a carne	6'
Op. 4	Pegar e abrir o molho de tomate	1'
Op. 5	Pegar e abrir o creme de leite	1'
Op. 6	Ralar o queijo	5'
Op. 7	Pegar e abrir a batata palha	1'
Op. 8	Pegar e abrir o orégano	1'
Op. 9	Preparar o sabor stroganoff	19'
Op. 10	Preparar o sabor calabresa	1'
Op. 11	Montar os sabores e condimentos na pizza	7'
Op. 12	Assar a pizza	15'

Fonte: Os Autores (2018)

O número ideal de postos é calculado conforme a soma do tempo das operações dividido pelo tempo de ciclo. Desta forma, dividindo 64 minutos pelo tempo de 24 minutos, correspondente ao tempo de ciclo, obtemos o número ideal de três postos de trabalho. Desta forma, as operações listadas são distribuídas entre dois funcionários (nomeados 1, 2 e 3). As tarefas são dispostas de forma a otimizar a produção. O funcionário 1 é responsável pelas operações 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8, totalizando 22 minutos; o funcionário 2 é responsável pela preparação dos sabores, operações 9 e 10, totalizando 20 minutos; o funcionário 3 é responsável pela finalização da pizza e por assá-la, operações 11 e 12, totalizando 22 minutos de atividades. A eficiência dessa proposta é calculada pela seguinte equação:

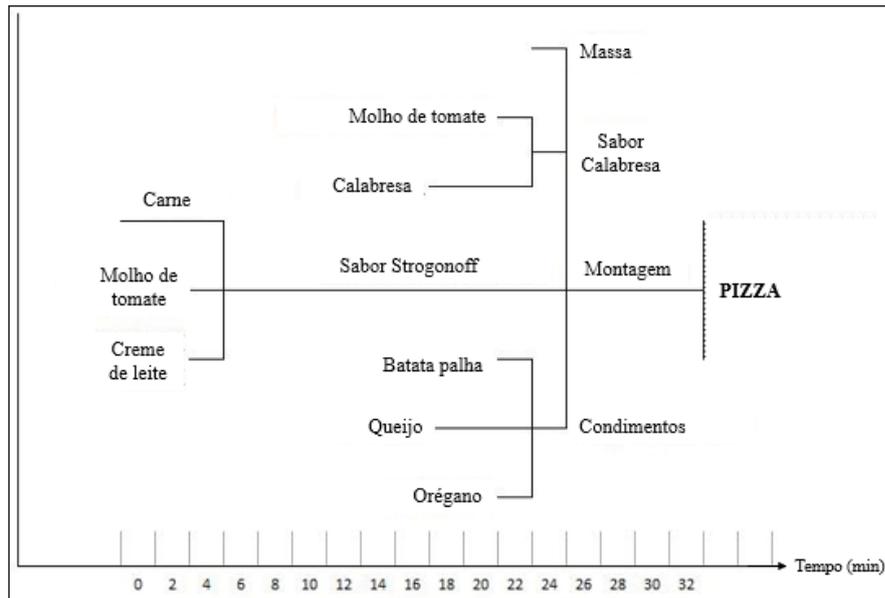
$$(1 - \Sigma \text{Tempo livre}) / (\text{Número de postos de trabalho} * \text{Tempo de ciclo})$$

O tempo livre corresponde entre a diferença do tempo de ciclo e a soma das operações de cada posto. Desta forma, a eficiência calculada resultou em 93,06%.

#### **4.4. Programação da produção**

A produção inicia com o braço da estrutura com maior tempo. O processo deve então iniciar com o preparo da carne, que deve ser picada e depois preparada juntamente com o molho de tomate e o creme de leite. Em seguida é ralado o queijo e juntamente com o orégano, são colocados a postos para serem montados. O próximo passo faz jus ao sabor calabresa, a qual é picada e colocada a postos para posterior montagem, juntamente com o molho de tomate. Os dois sabores são colocados sob a pizza e então, por fim, é colocado os condimentos. É importante lembrar que a soma de todas as operações resulta em 64 minutos, porém, o tempo de fabricação é menor devido várias operações ocorrerem de forma paralela, por funcionários diferentes. A linha do tempo do processo é apresentada na Figura 4.

Figura 4 - Linha do tempo correspondente ao processo de montagem de 10 pizzas



Fonte: Os Autores (2018)

#### 4.5. Custos

Outro fator importante ao se tratar de PCP é o custo de fabricação, visando sempre a redução destes. Para este somatório foi levado em conta apenas o custo da matéria prima, não considerando outros fatores, como aluguel, mão de obra, energia e água, por exemplo. A Tabela 2 apresenta os custos para produção de uma pizza.

Tabela 3 - Custos para produção de uma pizza

Ingrediente	Custo
Massa	R\$ 2,00
Molho de tomate	R\$ 0,30
Calabresa	R\$ 3,00
Carne	R\$ 10,00
Batata palha	R\$ 0,75
Creme de leite	R\$ 1,00
Queijo	R\$ 6,50
Orégano	R\$ 0,10
<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 23,65</b>

Fonte: Os Autores (2018)

Conforme o exposto na Tabela 2, o custo para produção de uma pizza, levando em conta apenas a matéria prima, é de R\$23,65. O custo diário, tendo como base 20 pizzas, é de R\$473,00.

#### **4.6. Planejamento de estoques**

O controle de estoques no setor alimentício, assim como nos demais ramos, é fundamental. O setor de alimentos possui alta rotatividade de estoques, uma vez que, comprar produtos em quantidade exagerada pode ocasionar a perda do produto, pois esse possui prazo especificado de validade.

Diante disso, adotou-se o controle de estoques de acordo com a metodologia FEFO (First expire, First out). Este conceito tem como base o prazo de validade do produto, o qual determina a sequência de utilização destes. Produtos cuja data de vencimento está próxima, deverão ser utilizados primeiro. Esse tipo de metodologia é usada para produtos de alto giro, com menor prazo de validade ou produtos que necessitam de refrigeração, como o queijo e a calabresa, por exemplo.

De forma a evitar o vencimento de produtos, a lista de compras é dividida em três partes: compras diárias, semanais e mensais. A massa é um produto terceirizado e é comprada diariamente da mesma padaria, a qual já está habituada com a demanda. As compras semanais são aquelas que tem prazo de validade menor e são usadas em grande quantidade, como os temperos, queijo, calabresa e carne. As compras mensais são aquelas que possuem maior prazo de validade, como o creme de leite, molho, sal e óleo.

Devido a demanda instável, é possível que permaneça massa ou algum produto processado no estoque para o dia seguinte. Esse estoque é congelado de forma a manter as propriedades ideais. No caso das massas, que são terceirizadas, a padaria é avisada da sobra, não necessitando produzir as 20 unidades no dia seguinte.

#### **5. Considerações finais**

O presente artigo teve como objetivo mostrar o processo para produção de pizzas tendo como base ferramentas de PCP. O processo de produção de pizzas tem diversas vantagens, como por exemplo, a demanda satisfatória, matéria prima encontrada facilmente no mercado e não

exige máquinas diferenciadas para o processo. Em contrapartida a previsão não é precisa, pois a demanda é instável. Desta forma, deve-se buscar sempre chegar o mais próximo possível da demanda real.

Programar a produção é extremamente importante. Através dessa ação é possível dimensionar quanto produzir para minimizar sobras, perdas e faltas. Além disso, conhecer todo processo produtivo permite o cálculo de postos de trabalho, de forma que não hajam funcionários sobrecarregados e nem ociosos. O estoque também precisa de uma gestão eficiente, pois alguns ingredientes possuem prazo de validade baixo, fazendo com que, se mau gerenciado, ocasione a perda de matéria prima.

## **REFERÊNCIAS**

APICS (AMERICAN PRODUCTION AND INVENTORY CONTROL SOCIETY). APICS Dictionary. 7. ed. Falls Church: American Production and Inventory Control Society, 1992.

CORREA, H. L. & CORREA. C. A. Administração de Produção e Operações: manufatura e serviços: uma abordagem estratégica. 2ª. ed.- Sao Paulo : Atlas, 2008.

CORRÊA, H. L.; GIANESI, I. N.; CAON, M. Planejamento, programação e controle da produção : MRP II/ERP - conceitos, uso e implantação:base para SAP, Oracle Applications e outros softwares integrados de gestão. 5ª edição. Atlas, 10/2007.

FAVARETTO, F. Uma contribuição ao processo de gestão da produção pelo uso da coleta automática de dados de chão de fábrica. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Escola de Engenharia de São Carlos. USP, São Paulo, 2001.

GIL, A. C. Como Elaborar Projetos de Pesquisa. 6ª edição. São Paulo: Atlas, 2017.

ISHIWARA, A. Uma visão do modelo japonês de produtividade. Curitiba: Instituto Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Paraná, 1996.

LOBO, R.N.; SILVA, D. Planejamento e Controle da Produção. São Paulo: Érica, 2014.

PEINADO, J.; GRAEML, A. R.. Administração da Produção: Operações Industriais e de Serviços. 1ª edição. Curitiba: Editora UnicenP, 2007.

MOREIRA, D. A. Os benefícios da produtividade industrial. São Paulo: Editora Pioneira, 1994.

OLIVEIRA, K. Desenvolvimento e implementação de um sistema de indicadores no processo de planejamento e controle da produção: proposta baseada em estudo de caso. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.

OHNO, T. O Sistema Toyota de Produção. Porto Alegre: Bookman, 1997.

OISHI, M. TIPS: Técnicas integradas na produção e serviços: como planejar, treinar, integrar e produzir para ser competitivo: teoria e prática. São Paulo, Pioneira, 1995.

VERGARA, Sylvia Constant. Projetos e relatórios de pesquisa em Administração. 13. Ed. São Paulo: Atlas, 2011.

VOLLMANN, T. E.; BERRY, W. L.; WHYBARK, D. C. Manufacturing planning and control systems. 4a. ed. New York : Irwin/McGraw-Hill, 1997.

ZACCARELLI, S. B. (1986). Programação e controle da produção. 7a. ed. São Paulo: Pioneira.

# Capítulo 10

## SENSIBILIDADE QUANTO À ESCOLHA DE VARIÁVEIS EM DEA EM UMA UNIVERSIDADE

Gustavo dos Santos Leal

Gleice Santana Morais

Victor Cláudio Paradela Ferreira

Danilo de Oliveira Sampaio

Lupércio França Bessegato

# SENSIBILIDADE QUANTO À ESCOLHA DE VARIÁVEIS EM DEA EM UMA UNIVERSIDADE

Gustavo dos Santos Leal

Gleice Santana Morais

Victor Cláudio Paradela Ferreira

Danilo de Oliveira Sampaio

Lupércio França Bessegato

## Resumo

O objetivo deste estudo é demonstrar a sensibilidade da técnica de Análise Envoltória de Dados (DEA) na avaliação da eficiência produtiva das unidades acadêmicas da Universidade Federal de Juiz de Fora que é formada por dezoito unidades acadêmicas. Os dados foram coletados por meio da Plataforma-SOMOS. Foram consideradas variáveis que medem o índice de potencial de produção de cada unidade: Alunos da Graduação Formados, Índice de Titulação Docente, Capacidade Docente, Produção de Pós-Graduação Qualificada, Produção Intelectual Qualificada, Discentes Qualificados e Quantidade de Egressos. Para mostrar a sensibilidade da técnica, propõem-se no estudo três modelos de DEA. Dois com a variável *Discentes Qualificados* alterando entre *input* e *output* e outra substituindo a variável *Discentes Qualificados* pela variável *Egressos*. Foram observados diferentes resultados em cada um dos modelos, com apenas uma unidade sendo classificada como eficiente nas três modelagens.

**Palavras-chave:** ensino superior, análise envoltória de dados, avaliação, modelos

## 1. Introdução

Nos últimos anos, ocorreu no Brasil um crescente acesso ao ensino superior. Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2016), enquanto que em 2004, 33,5% dos jovens entre 18 a 24 anos frequentavam algum curso de graduação, em 2014 houve um acréscimo de 25 pontos percentuais, chegando a 58,5%. Já de acordo com o Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP, 2015), ocorreu um aumento do

número total de matrículas no Ensino Superior, no mesmo período, de 55,78%. Todo esse crescimento deve ser acompanhado da necessidade de ampliação dos mecanismos de avaliação e controle, tanto qualitativo quanto quantitativo das instituições em questão.

O objetivo deste estudo é demonstrar a sensibilidade da técnica de Análise Envoltória de Dados (DEA) na avaliação da eficiência produtiva das unidades acadêmicas de uma instituição de ensino superior. Este estudo parte do pressuposto de que a seleção das variáveis de *input* e *output* podem influenciar o resultado final da avaliação, gerando resultados diferentes conforme as mesmas. Para isso, será realizada a aplicação de 3 (três) modelos de DEA com vistas a comparar e avaliar a eficiência produtiva das unidades acadêmicas da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF).

A comparação pode ser feita entre instituições ou entre unidades de uma mesma universidade. Nessa pesquisa optou-se pela segunda alternativa, considerada mais interessante uma vez que os condicionantes institucionais que podem afetar a produção são mais similares, permitindo, assim, uma melhor avaliação dos resultados obtidos.

A instituição pesquisada alcançou um expressivo crescimento nas últimas décadas. Na pós-graduação *stricto sensu*, por exemplo, passou de apenas 7 cursos em 2000, para 58 em 2016. Essa notável expansão revela a importância de que sejam adotados mecanismos adequados de avaliação.

No caso do indicador escolhido para análise, a produção total científica, em um período de treze anos passou de 2.049 trabalhos para 4.452. As modalidades que melhor contribuíram para este incremento foram as categorias: trabalhos em eventos e artigos publicados. Outros trabalhos considerados nesta análise referem-se à publicação de livros e capítulos, textos em jornais e revistas, artigos aceitos para publicação e demais tipos de produção acadêmica.

Segundo Silva (2013), outro impacto relevante à estrutura organizacional da UFJF foi o aumento do número de professores e suas respectivas titulações. Em 2007, havia 762 docentes na instituição, sendo 61,5% doutores, 24,5% mestres, 11% especializados e 3% de graduados. Já em 2016, segundo dados da própria instituição (UFJF, 2016), esse número chegou a 1.415 professores, sendo 76,5% de doutores; 21% de mestres e 2,5% de especialistas. Já o número de bolsas de iniciação científica partiu de 420 em 2007 para 761 em 2015. A elevação da titulação do corpo docente e do número de bolsas ocorreu, principalmente, por conta da adesão da UFJF ao programa do Governo Federal Reestruturação e Expansão das Universidades Federais (DA SILVA, 2013). Aderindo a esse programa, a universidade se dispôs a abrir novos cursos e

ampliar as vagas dos existentes, tendo direito, então, a novas vagas de professores.

Amaral (1999) aponta que a avaliação das condições em que são processadas as atividades das unidades acadêmicas, bem como dos resultados que por ela são gerados, constitui um importante mecanismo de identificação de pontos fortes e fracos e de proposição de melhoria de seu desempenho. Nesta perspectiva, o presente estudo justifica-se, à medida que sistematiza informações sobre a eficiência das unidades estudadas, medida aqui pelos critérios de titulação dos docentes, índice de discentes qualificados na pós-graduação e produção acadêmica, comparando os resultados de três modelos distintos a fim de demonstrar como a escolha das variáveis interfere nos resultados da análise de eficiência proposta.

Segundo Costa *et al.* (2015), a técnica DEA pode ser utilizada com sucesso no setor educacional para medir a eficiência relativa de escolas e universidades. Em relação às vantagens de se utilizar esta técnica, Giacomello e Oliveira (2014) afirmam que a DEA se utiliza da análise da eficiência relativa podendo ser aplicada também a unidades de pequeno porte. Além disso, permite que mais de uma unidade seja classificada como eficiente, compondo a fronteira de eficiência relativa e apresentando-se como um padrão para as demais unidades. Em relação às unidades ineficientes, a vantagem consiste em apresentar contribuições de melhoria por meio do estabelecimento de metas, a fim que estas unidades atinjam a eficiência desejada.

Entretanto, entre as críticas que se faz à modelagem DEA, é que ela parte do pressuposto de que todo desvio em relação à fronteira de eficiência se dá apenas pela ineficiência, ignorando o fato de que a diferença pode advir de choques estocásticos ou erros de medidas, além de não permitir inferências sobre o erro-padrão das estimativas (BATTESE; COELLI, 1992).

Este artigo está dividido em seis seções, contando com esta introdução. A próxima discorre sobre a importância da avaliação no âmbito das Instituições de Ensino Superior (IES) e apresenta conceitos relacionados a eficiência produtiva dessas instituições. Posteriormente, são apresentados os aspectos metodológicos, enfatizando a utilização da técnica DEA. Na sequência, é detalhado o processo de análise dos dados. Por fim, são discutidos, nas considerações finais, os principais resultados encontrados.

## **2. Avaliação e eficiência produtiva no âmbito das instituições de ensino superior**

A avaliação das instituições de ensino superior, especialmente no âmbito das universidades federais, tornou-se um tema relevante a partir da década de 1980. Desde 1985, esta temática

vem sendo motivada por meio de debates e discussões realizados por autoridades públicas, especialistas em educação, professores, alunos e representantes de associações e de organizações universitárias (AMARAL, 1999).

O processo de avaliação da educação superior teve seu início efetivo em 1993, com a criação do Programa de Avaliação Institucional das Universidades Brasileiras (PAIUB). Naquela época, o objetivo era realizar a análise e o aperfeiçoamento do projeto acadêmico e sociopolítico das instituições. Neste sentido, a proposta era favorecer o aperfeiçoamento do desempenho acadêmico; auxiliar o planejamento e gestão universitária e suscitar a prestação de contas à sociedade, haja vista que a educação, por ser sustentada por recursos públicos, é considerada um bem público (HOFFMANN *et al.*, 2014).

O PAIUB foi extinto em 1996, sendo substituído por outros decretos que estabeleciam novos procedimentos para o processo de avaliação dos cursos e das IES. No entanto, as iniciativas daquele programa serviram de sustentação para a elaboração do atual Sistema Nacional de Avaliação da Educação Superior (SINAES). Esse sistema foi instituído pelo Ministério da Educação (MEC) por meio da Lei nº 10.861/2004. O seu propósito é reestruturar o modelo de avaliação da educação superior brasileira (HOFFMANN *et al.*, 2014), e aperfeiçoar os procedimentos e os instrumentos até então utilizados (DIAS, HORIGUELA e MARCHELLI, 2006). Trata-se de um sistema de avaliação que contempla três componentes: a avaliação das instituições, dos cursos e dos alunos. O SINAES possui uma série de instrumentos complementares, como a auto avaliação, a avaliação externa (ENADE), além de instrumentos de informação, como o Censo da Educação Superior e Cadastro que deve ser preenchido pelas IES (INEP, 2016).

Os resultados obtidos com as avaliações das IES são de interesse de diversos públicos e atendem a múltiplas finalidades. No caso específico do SINAES, as informações obtidas são utilizadas pelas próprias IES, com a finalidade de orientar sua eficácia institucional e efetividade acadêmica e social. No caso dos organismos públicos, tem-se o intuito de orientar políticas públicas. Para os estudantes, instituições com foco acadêmico e públicos em geral, pode orientar suas decisões quanto à realidade dos cursos e das instituições de ensino (INEP, 2016).

A avaliação é um instrumento de indubitável importância no âmbito das IES. Hoffmann *et al.* (2014) afirmam que a avaliação consiste em um mecanismo de controle e de melhoria do desempenho das instituições. Sob a perspectiva de uma visão mais transformadora, Dias Sobrinho (2010 *apud* HOFFMANN *et al.*, 2014, p. 651) defende que a avaliação “é uma

ferramenta capaz de produzir mudanças nos currículos, nas metodologias de ensino, nos conceitos e práticas de formação, na gestão, nas estruturas de poder, nos modelos institucionais, nas configurações do sistema educativo”.

Na visão de Cavalcanti e Andriola (2012, p. 292), por meio de um processo sistemático de avaliação é possível “identificar pontos fortes e fracos e assim promover a melhoria da qualidade dos serviços, a orientação do quadro de pessoal, o aumento permanente da eficácia institucional, e, principalmente, dos compromissos sociais”. Para Snowdon (1993 *apud* LOPES, 1998), a avaliação é uma oportunidade das IES melhorarem e fortalecerem suas relações com os setores privado e público, prestar informações à sociedade sobre o trabalho desenvolvido pela universidade, além de aperfeiçoarem os seus processos administrativos.

No entanto, para que a avaliação cumpra os seus propósitos, conforme apresentados anteriormente, é essencial que os critérios que a norteiam sejam coerentes com o objeto que será avaliado. Belloni (2000) verificou que na literatura não há um consenso quanto às definições de seu conteúdo. No entanto, o mesmo autor identificou a predominância de dois grandes constructos: i) *qualidade institucional*, congrega os critérios relacionados aos compromissos institucionais frente as necessidades políticas e culturais da sociedade, neste caso trata-se de critérios subjetivos, como a qualidade, pertinência, relevância, eficácia social, importância e utilidade; e ii) *desempenho organizacional*, reúne os critérios relacionados aos objetivos e processos internos à instituição de ensino, neste caso os critérios possuem um viés instrumental, como a produtividade, eficiência, eficácia e efetividade.

Para Belloni (2000), a abordagem da avaliação sob a perspectiva do desempenho, é equivalente a uma “avaliação organizacional”. Neste sentido, faz-se o uso de referências internas, cujo julgamento da “organização universidade” se dá por meio de critérios relativos aos fatores que ocorrem no seu interior, como: missão institucional, objetivos, programas e metas, recursos, resultados e todas as questões relacionadas a sua gestão e produção.

A avaliação de desempenho de uma universidade pode ser realizada sob três dimensões, a depender da maneira como se observa o objeto de estudo, são elas: i) *Dimensão política*, relacionada com a consecução da missão institucional e com a capacidade da universidade em responder aos desafios a ela impostos. Neste caso o critério de avaliação adotado é a efetividade. ii) *Dimensão pedagógica*, está relacionada com os processos educacionais propriamente ditos e com o cumprimento dos objetivos e metas. Para este fim, o critério de avaliação é a eficácia. iii) *Dimensão técnico-operacional*, neste caso trata-se de conhecer os recursos, os resultados e

as relações de produção que ocorrem no interior da instituição, os critérios de avaliação considerados são a *produtividade e a eficiência* (BELLONI, 2000).

Neste estudo, o foco da avaliação recai sobre a sensibilidade da ferramenta de Análise por Envoltória de Dados, embasado pela ótica da *dimensão técnico-operacional*, uma vez que o objetivo da pesquisa aqui apresentada foi realizar a avaliação da eficiência produtiva de unidades internas à Universidade Federal de Juiz de Fora por meio da técnica DEA.

Tão importante quanto a avaliação das IES propriamente ditas é pensar a avaliação no âmbito das suas unidades acadêmicas, pois, afinal, o resultado das unidades que compõem a universidade refletirá diretamente no desempenho final da instituição como um todo. Segundo Amaral (1999), na unidade acadêmica, professores, alunos e técnicos empenham-se para o cumprimento da missão e objetivos propostos pela universidade, bem como para o alcance das metas e prioridades estipuladas no planejamento global da instituição.

Ao avaliar a eficiência produtiva de unidades acadêmicas, parte-se do pressuposto de que a universidade, bem como os seus departamentos, seja considerada como um “*processo produtivo*” (SCHWARTZMAN, 1994; LOPES, 1998; COSTA *et al.*, 2015). Neste sentido, elementos como *insumos, produtos e processos* integram os estudos relacionados à educação (SCHWARTZMAN, 1994).

Os insumos, ou *inputs*, podem ser definidos como aqueles elementos que possibilitam a oferta dos serviços oferecidos pela IES (COSTA *et al.*, 2015). Neste caso, alguns exemplos de *inputs* são: tempo de dedicação do estudante, tempo de dedicação dos professores e funcionários, instalações físicas e equipamentos e material de consumo (SCHWARTZMAN, 1994). Além desses exemplos, Belloni (2000) menciona o número de alunos ingressantes e os recursos financeiros disponíveis.

Em relação aos produtos gerados, ou *outputs*, estes podem ser representados por indicadores de desempenho de ensino e pesquisa das instituições (COSTA *et al.*, 2015). Assim, alguns exemplos de *outputs* são: produção de pesquisa, formação de mão de obra qualificada tanto em nível de graduação quanto de pós-graduação e o consumo do ensino superior, que refere-se ao atendimento das necessidades culturais do usuário do sistema educacional (SCHWARTZMAN, 1994). Outros exemplos são citados por Belloni (2000), entre eles tem-se: alunos formados, inovações patenteadas, atividades de extensão realizadas e serviços prestados à comunidade.

Por fim, o *processo* relaciona-se à maneira pela qual se combinam os insumos e, assim, dão origem aos métodos pelos quais as IES operam. Alguns exemplos de processos são os métodos

pedagógicos de ensino, a combinação de ensino e pesquisa, entre outros (SCHWARTZMAN, 1994).

Quanto à adequabilidade de técnicas para medir a eficiência de unidades de produção, Senra *et al.* (2007) consideram que a escolha das variáveis a serem utilizadas na modelagem é um dos principais pontos de aplicabilidade de DEA, pois pode-se ter objetivos conflitantes para os que estão aplicando o método, tais como: aumentar a eficiência média ajustada a cada combinação de variáveis considerada ou maximizar a capacidade de ordenação do modelo selecionado.

Assim, este artigo procura demonstrar em um caso – aplicado à Universidade Federal de Juiz de Fora – como a diversidade das escolhas das variáveis para modelagens DEA podem influenciar de maneira significativa os resultados na análise de eficiência em educação. Para tanto, propõe-se três modelos distintos a fim de comparar os resultados obtidos. A próxima seção discute a modelagem DEA e o passo a passo para sua aplicação, para posteriormente serem apresentados os modelos propostos e as diferenças dos resultados.

### **3. Aspectos metodológicos e a natureza da análise envoltória de dados**

A pesquisa pode ser considerada como descritiva, de natureza predominantemente quantitativa, visto que se trata de um estudo de fenômeno, o qual foi descrito por meio de dados quantitativos aplicados (MALHOTRA, 2006).

Quanto aos fins perseguidos, de acordo com a taxonomia proposta por Vergara (2014), a pesquisa é metodológica, tendo em vista que se direciona à construção de novos instrumentos de manipulação da realidade. É ainda aplicada, pois direciona-se para a análise de problemas concretos.

Conforme já destacado, este estudo propõe demonstrar, por meio de uma aplicação a uma situação real, a sensibilidade quanto à escolha das variáveis na aplicação da Análise Envoltória de Dados para avaliar a eficiência relativa das unidades acadêmicas da UFJF. A DEA é uma técnica não paramétrica que, segundo Charnes, Cooper e Rhodes (1978), permite a análise da eficiência de quaisquer entidades, criando uma medida escalar de eficiência adaptável a cada tipo de organização.

Essa técnica, para Ferreira e Gomes (2009), consiste em identificar a eficiência de diversas Unidades Tomadoras de Decisões (DMUs) que estão inseridas em atividades semelhantes, mas que utilizam processos de produção distintos e que, portanto, empregam os insumos de

produção de várias formas e obtêm diferentes quantidades de produção. A DEA parte do pressuposto de que se certos produtores conseguem determinada produtividade acima dos outros, esses também devem conseguir, ao empregar os insumos de maneira correta, a mesma produtividade.

Para Panepucci (2003), a aplicação da DEA permite definir a posição relativa de determinada unidade tomadora de decisão e indicar como balancear os recursos e a produção. De acordo com Bandeira (2000), esta técnica não cria um ranqueamento ordinal em si, mas sim baseado na relatividade da produtividade entre as DMUs, visando chegar à definição de eficiência técnica que confronta a produção realizada com determinados insumos com o que poderia ser produzido se os insumos fossem alocados de maneira correta (FERREIRA e GOMES, 2009). A produtividade de uma organização ou de um determinado insumo é definida segundo a equação (I):

$$P = \frac{\text{Produção}}{\text{Insumos}} \quad (I)$$

Este conceito pode ser dividido entre a pura eficiência técnica e a eficiência de escala. A eficiência técnica em si é determinada de acordo com a equação (II):

$$ET = \frac{\frac{\text{Produção}_i}{\text{Insumos}_i}}{\frac{\text{Produção}_q}{\text{Insumos}_q}} \quad (II)$$

O modelo DEA tem como princípio a utilização de pesos para os *outputs* e *inputs* de cada DMU a fim de maximizar, por meio de programação linear, a produtividade de cada unidade tomadora de decisão. Esses pesos criam o que se denominam os *inputs* e *outputs* virtuais que serão utilizados para comparar as DMUs (CHARNES, COOPER e RHODES, 1978).

Há dois modelos clássicos: o de Charnes, Cooper e Rhodes (CCR) que pressupõe retornos constantes de escala – quando se dobra os insumos a produção também dobra – e o modelo de Banker, Charnes e Cooper (BCC), que parte da premissa a existência de retorno não constante de escala. Esses modelos podem ser orientados à produção (*outputs*), quando se deseja maximizar a produção mantendo o mesmo nível de insumos (*inputs*) ou a *inputs*, quando se deseja minimizar os insumos mantendo constante o nível de produção.

Os modelos CCR orientados a *inputs* e a *outputs* são formalizados segundo as Equações (III)

e (IV), respectivamente:

$$\text{Max } Ef_0 = \frac{\sum_{j=1}^s u_j y_{j0}}{\sum_{i=1}^r v_i x_{i0}}$$

$$\text{Min } Ef_0 = \frac{\sum_{j=1}^r v_i x_{i0}}{\sum_{i=1}^s u_j y_{j0}}$$

Sujeito a:

$$\frac{\sum_{j=1}^s u_j y_{jk}}{\sum_{i=1}^r v_i x_{ik}} \leq 1, \forall k \quad (III)$$

$$v_i; u_j \geq 0, \forall i, j$$

Sujeito a:

$$\frac{\sum_{i=1}^r v_i x_{i0}}{\sum_{j=1}^s u_j y_{jk}} \geq 1, \forall k \quad (IV)$$

$$u_j; v_i \geq 0, \forall j, i$$

Para:

$Ef_0$  = eficiência da  $DMU_0$ ;

$v_j$  e  $u_j$  = pesos de *inputs*  $i, i=1, 2, \dots, r$  e *outputs*  $j, j=1, 2, \dots, s$ ;

$x_{ik}$  e  $y_{jk}$  = *inputs*  $i$  e *outputs*  $j$  da  $DMU_k, k=1, 2, \dots, n$ ;

$x_{i0}$  e  $y_{j0}$  = *inputs*  $i$  e *outputs*  $j$  da  $DMU_0$ .

Já os modelos BCC orientados a *inputs* e a *outputs*, são formalizados segundo as Equações (V) e (VI), respectivamente:

$$\text{Max } Ef_0 = \sum_{j=1}^s u_j y_{j0} + u_*$$

$$\text{Min } Ef_0 = \sum_{i=1}^r v_i x_{i0} + v_*$$

Sujeito a:

$$\sum_{i=1}^r v_i x_{i0} = 1 \quad (V)$$

Sujeito a:

$$\sum_{i=1}^s u_j y_{i0} = 1 \quad (VI)$$

$$-\sum_{i=1}^r v_i x_{ik} + \sum_{j=1}^s u_j y_{jk} + u_* \leq 0, \forall k$$

$$-\sum_{i=1}^r v_i x_{ik} + \sum_{j=1}^s u_j y_{jk} - v_* \leq 0, \forall k$$

$$v_i; u_j \geq 0, u_* \in \mathbb{R}$$

$$v_i; u_j \geq 0, u_* \in \mathbb{R}$$

Para:

$Ef_0$  = eficiência da  $DMU_0$ ;

$v_j$  e  $u_j$  = pesos de *inputs*  $i, i=1, 2, \dots, r$  e *outputs*  $j, j=1, 2, \dots, s$ ;

$x_{ik}$  e  $y_{jk}$  = *inputs*  $i$  e *outputs*  $j$  da  $DMU_k, k=1, 2, \dots, n$ ;

$x_{i0}$  e  $y_{j0}$  = *inputs*  $i$  e *outputs*  $j$  da  $DMU_0$ .

Há de se ter cuidado, entretanto, ao analisar única e puramente os resultados pela modelagem, principalmente quando aplicada a um objeto de análise tão complexo quanto a educação superior. Críticas devem ser consideradas, como a de Lima e Afonso (1993), que afirmavam que a busca pela adequação da produção acadêmica, segundo critérios administrativos, seria a mitificação do taylorismo em um ambiente completamente intelectual.

Morosini e Leite (2007) alertam para o fato de que não se deve utilizar a Análise Envoltória de Dados para critério de distribuição de recursos das unidades acadêmicas, pois, ao priorizar as DMUs eficientes e sujeitar as ineficientes a orçamentos menores, há o risco de que o abismo fique ainda maior com o passar do tempo. Ela deve, portanto, ser um indicador de produtividade relativa, visando o levantamento de deficiências das unidades acadêmicas, para que, assim, seja alcançada a excelência por todas as DMUs. Apesar disso, a Análise Envoltória de Dados vem sendo aplicada de forma relativamente satisfatória na área de educação para avaliar a eficiência da produção acadêmica (CHARNES, COOPER e LEWIN, 1994).

A aplicação da Análise Envoltória de Dados deve ser efetuada com base nas seguintes etapas:

- (1) Determinação das DMUs;
- (2) Determinação do número máximo de variáveis;
- (3) Determinação das variáveis;
- (4) Combinação linear entre as variáveis;
- (5) Alocação das variáveis como *outputs* e *inputs*;
- (6) Determinação dos modelos;
- (7) Análise dos modelos.

Conforme mencionado no parágrafo anterior, uma das etapas da avaliação de eficiência por meio desta técnica é a determinação das variáveis a serem inseridas no modelo. Esta etapa está diretamente relacionada a uma desvantagem do método, que é a baixa capacidade de ordenar as DMUs (FERREIRA e GOMES, 2009). Isto ocorre, quando se tem uma grande quantidade de Unidades Tomadoras de Decisão para poucas variáveis consideradas.

Os modelos possuem orientação a *outputs* pois há baixo índice de evasão de professores do quadro funcional da universidade e também baixa incidência de casos de demissão. Além disso, acrescenta-se o argumento de que não é função social das IES a redução do seu número de alunos. Ambas as situações demonstram estabilidade quanto a fixação dos referidos *inputs*

(número de docentes e discentes) neste modelo organizacional.

As DMUs da UFJF que serviram como base, para este estudo, estão listadas no quadro 1. Tais DMUs representam a totalidade de unidades acadêmicas da referida universidade.

Quadro 1 - Relação das unidades acadêmicas da UFJF analisadas neste estudo

Faculdade de Administração e Contabilidade	Faculdade de Fisioterapia
Faculdade de Direito	Faculdade de Letras
Faculdade de Educação	Faculdade de Medicina
Faculdade de Enfermagem	Faculdade de Odontologia
Faculdade de Comunicação	Faculdade de Serviço Social
Faculdade de Educação Física e Desportos	Instituto de Artes e <i>Design</i>
Faculdade de Economia	Instituto de Ciências Biológicas
Faculdade de Engenharia	Instituto de Ciências Exatas
Faculdade de Farmácia	Instituto de Ciências Humanas

Fonte: elaborado pelos autores (2017)

Por questões de ética, a identidade das unidades acadêmicas estudadas foi preservada. Elas foram listadas em um *software* e, através de aleatoriedade, foram renomeadas como DMU1, DMU2, DMU3, e assim sucessivamente, até se chegar a DMU18, sendo denominadas com estas nomenclaturas a partir de agora.

#### 4. Análise dos dados

Estão destacados nesta seção os dados levantados na coleta realizada junto à Plataforma-SOMOS e as análises que puderam ser desenvolvidas com base nos mesmos. Também são detalhados os procedimentos adotados, como o método de escolha das variáveis utilizadas, exposto a seguir.

##### 4.1. Escolha das variáveis

A escolha das variáveis é uma etapa chave para aplicação da Análise Envoltória de Dados em

virtude de Thanassoulis (1996) afirmar que alterar o escopo das variáveis em diversas modelagens pode retornar resultados completamente diferentes um dos outros. Além disso, segundo Ferreira e Gomes (2009), uma fragilidade da Análise Envoltória de Dados é dada pela impossibilidade de inserção indefinida de variáveis, já que dificultaria a ordenação das eficiências e tenderia para que muitas DMUs se localizem na fronteira de eficiência. Conquanto apresente estes inconvenientes, os mesmos autores afirmam que este fato não deve ser visto como uma debilidade da DEA, pois a possibilidade da inserção de diversas variáveis é um sinal de que se pode levar em consideração diversas dimensões de um mesmo problema.

Uma solução vislumbrada, portanto, é o limite do número máximo de variáveis a serem inseridas no modelo. Segundo estudos mais recentes (COOPER, SEIFORD e ZHU, 2004) o número ideal máximo de variáveis, calculada por meio de programação linear e que podem ser utilizadas em estudos de DEA, é dado pela equação (VII).

$$Var \leq \frac{DMUs}{4} \quad (VII)$$

Como no presente estudo estão sendo avaliadas dezoito unidades acadêmicas, o número máximo de variáveis a serem utilizadas nos modelos é cinco. A lista de variáveis preliminares a serem consideradas encontra-se descrita no quadro 2. Tais variáveis foram coletadas da Plataforma-SOMOS, que é uma base de dados compilada referente a produção acadêmica das universidades que a utiliza, e do Currículo Lattes de cada professor matriculado nos departamentos da UFJF.

Quadro 2 - Lista de variáveis preliminares consideradas neste estudo

Trabalhos em Eventos	Professores Graduados
Artigos Publicados	Dissertações de Mestrado
Livros e Capítulos	Teses de Doutorado
Textos em Jornais e Revistas	Discentes de Mestrado
Demais Tipos de Produção	Discentes de Doutorado
Artigos Aceitos para Publicação	Egressos de Graduação
Professores Doutores	Docentes 20 horas
Professores Mestres	Docentes 40 horas
Professores Especialistas	Egressos de Graduação

Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

Os dados utilizados nesta pesquisa são referentes ao ano de 2013. Optou-se por analisar este período devido a ocorrência de eventos atípicos nos dois anos subsequentes. Em 2014 houve as eleições para a composição da reitoria e, em 2015 houve o rompimento da crise político-econômica do Estado brasileiro. Neste sentido, acredita-se que estes eventos possam ter influenciado, em maior ou menor grau, no processo produtivo da universidade como um todo incluindo, neste caso, o trabalho dos pesquisadores. Os dados de produção acadêmica foram extraídos da Plataforma-SOMOS, enquanto que os títulos dos docentes foram coletados na Plataforma Lattes de cada professor da instituição.

## **4.2. Combinações lineares e variáveis**

Segundo Panepucci (2003), a escolha dos pesos para a criação dos chamados *Outputs* e *Inputs* virtuais é de suma importância para a análise em questão, embora não seja trivial. Se uma DMU escolher determinados conjuntos de pesos que maximizem sua eficiência, os mesmos serão utilizados na análise de todas as outras unidades. Portanto, ao verificar a modelagem e, com a possibilidade de perceber que não é eficiente, a DMU em questão tem o incentivo a modificar seus pesos, até criar uma combinação que a satisfaça. Contudo, ao sobrepor as novas ponderações, outras unidades podem se apresentar como eficientes, fazendo com que novas modificações sejam necessárias *in perpetuum*.

Para resolver esta questão, o estabelecimento de pesos pode ser definido por meio de uma programação linear, sendo que a técnica resolve “n” programações lineares, para cada DMU, calculando a eficiência técnica em cada iteração.

No entanto, para manter o modelo parcimonioso, é necessária a criação de combinações lineares anteriores à criação dos *inputs* e *outputs* virtuais. Os índices criados para a análise estão localizados abaixo e, posteriormente, seguindo o passo a passo para a análise e após reflexão expositiva, eles serão alocados como *outputs* ou *inputs* com o intuito de comparar os resultados de três modelos distintos. Os pesos utilizados para a criação dos índices foram sugeridos por Bandeira (2000).

### **4.2.1. Índice de titulação dos docentes**

O Índice de Titulação de Docentes procura descrever o nível de titulação dos professores de

cada unidade acadêmica. Acredita-se que os docentes com maiores titulações possuem melhores condições e conhecimento para produzirem mais. Foram consideradas todas as titulações presentes na UFJF: graduados, especialistas, mestres e doutores, que receberam, respectivamente, pesos um, dois, três e cinco.

$$ITD = (1*PG + 2*PE + 3*PM + 5*PD) / (N^{\circ} \text{ de Docentes}) \quad (VIII)$$

Para:

ITD = Índice de Titulação dos Docentes

PG = Professores Graduados

PE = Professores Especialistas

PM = Professores Mestres

PD = Professores Doutores

#### 4.2.2. Discentes qualificados

Seguindo o mesmo raciocínio da combinação linear para o ITD, os discentes de cursos de pós-graduação *stricto sensu* também receberam pesos que pudessem diferenciá-los, qualificando-os em alunos de mestrado e alunos de doutorado segundo o nível do curso. Os mestrandos receberam peso dez e os doutorandos receberam peso 20. A diferença pode ser explicada pelo fato de que o aluno de doutorado passa mais tempo em curso, aprofundando mais em suas pesquisas. Assim, para manter o número de variáveis dentro do limite proposto por Cooper, Seiford e Zhu (2004) optou-se por uma adaptação do modelo utilizado por Bandeira (2000). Se fosse seguido o método por ele proposto, separando-se os mestrandos e os doutorandos, o número de variáveis extrapolaria esse limite.

$$DQ = 10*AM + 20*AD \quad (IX)$$

Para:

DQ = Discentes Qualificados

AM = Alunos de Mestrado

AD = Alunos de Doutorado

### 4.2.3. Produção de pós-graduação qualificada

A Produção de Pós-Graduação Qualificada determina pesos para a produção final dos cursos de pós-graduação *stricto sensu*, que, geralmente, desdobram-se em artigos ou trabalhos publicados em congressos. Este estudo propôs peso um para as dissertações de mestrado e peso dez para as teses de doutorado, diferenciando-se de estudos similares, já que foram analisadas as produções finais dos cursos de pós-graduação de forma distinta. A grande diferença atribuída entre as duas modalidades de trabalhos de conclusão de curso, para fins deste artigo, reside no fato de que uma tese de doutorado representa um trabalho inédito, com maiores potencialidades de estudo se comparada à dissertação de mestrado. Portanto, a combinação da produção de dissertações e de teses de mestrado e doutorado, respectivamente, é explicitada conforme a equação (X).

$$\text{PPGQ} = 1 * \text{DM} + 10 * \text{TD} \quad (X)$$

Para:

DM = Dissertações de Mestrado

TD = Teses de Doutorado

### 4.2.4. Produção intelectual qualificada

A Produção Intelectual Qualificada mescla a produção científica de livros e capítulos, apostilas, artigos científicos em periódicos e trabalhos publicados em eventos. Deu-se peso 20 à produção de livros e capítulos e peso 10 às demais produções, segundo mostra a equação (XI).

$$\text{PIQ} = 20 * \text{L\&C} + 10 * (\text{ART} + \text{APOST} + \text{TE}) \quad (XI)$$

Para:

L&C = Livros e Capítulos

APOST = Apostilas

ART = Artigos Científicos em Periódicos

TE = Trabalhos em Eventos

#### 4.2.5. Capacidade docente

Essa variável procura definir a quantidade de horas dedicada pelos docentes na atividade acadêmica de cada DMU da UFJF, tendo em vista que a quantidade de professores que estão em regime de 20 horas semanais ganhou peso 20 e a quantidade de docentes que está em um regime de 40 horas semanais ganhou peso 40, optando-se por atrelar em uma variável só a quantidade de professores 40 horas e os de dedicação exclusiva.

$$CD = \text{Qtde. de Docentes 20h} * 20 + \text{Qtde. de Docentes 40h} * 40 \quad (XII)$$

Para:

CD = Capacidade Docente

Qtde = Quantidade.

#### 4.2.6. Egressos

A variável egressos representa o número de alunos de graduação formados nas unidades em questão. Esta variável é importante, pois uma das atividades principais das universidades, em conjunto com a pesquisa e a extensão, é o ensino. Foi utilizada a variável em sua forma primária.

### 4.3. Classificação das variáveis entre *inputs* e *outputs*

É coerente a ideia de que todos os índices considerados como produção, sejam alocados como *outputs*, tais como: *Produção de Pós-Graduação Qualificada* e *Produção Intelectual Qualificada*. Porém, conforme exposto, toda produção necessita de insumos para que seja efetuada, sendo coesa a reflexão apresentada nos aspectos metodológicos, de que o *Índice de Titulação dos Docentes* e a *Capacidade Docente* são essenciais para que se obtenha uma produtividade acadêmica maior. Todavia, os discentes de pós-graduação atuam como uma “via de mão dupla” visto que a quantidade de alunos pode ser considerada tanto fruto do trabalho do ITD e da CD, sendo, portanto, considerada como um *output*, quanto pode ser analisada como uma força produtiva fundamental para a produção de pós-graduação.

Essa consideração é corroborada por Mancebón e Muñiz (2003 *apud* COSTA *et al.*, 2015) ao

afirmarem que uma das características inerentes ao setor de produção educacional é a participação do cliente (aluno) no processo produtivo. Para esses autores, o aluno não é somente um demandante do serviço educacional, mas também um ator decisivo no processo produtivo. Partindo desses pressupostos, foram realizados três modelos, levando-se em consideração a *Capacidade Docente* como *input* e a mesma como *output*.

Quadro 3 - Distribuição das variáveis nos Modelos I; II e III

<b>Modelo I</b>	
<i>Inputs</i>	<i>Outputs</i>
Índice de Titulação de Docentes Capacidade Docente	Produção de Pós-Graduação Qualificada Produção Intelectual Qualificada Discentes Qualificados
<b>Modelo II</b>	
<i>Inputs</i>	<i>Outputs</i>
Índice de Titulação de Docentes Capacidade Docente Discentes Qualificados	Produção de Pós-Graduação Qualificada Produção Intelectual Qualificada
<b>Modelo III</b>	
<i>Inputs</i>	<i>Outputs</i>
Índice de Titulação de Docentes Capacidade Docente	Produção de Pós-Graduação Qualificada Produção Intelectual Qualificada Egressos

Fonte: elaborado pelos autores (2017)

A tabela 1 mostra o resultado das combinações lineares realizadas.

Tabela 1 - Variáveis utilizadas nos modelos, tendo ITD e CD como *inputs* e DQ, PPGQ e PIQ como *outputs*

<b>DMUs</b>	<b>ITD</b>	<b>CD</b>	<b>DQ</b>	<b>PPGQ</b>	<b>PIQ</b>
DMU1	3,86842	1.460	0	43	1.209
DMU2	3,62791	1.500	100	38	2.024
DMU3	4,64384	2.820	410	105	2.917
DMU4	4,17021	1.720	200	11	882
DMU5	4,39394	1.260	120	38	1.524
DMU6	4,33333	940	200	64	1.179
DMU7	4,76923	920	210	15	614
DMU8	4,51282	6.080	680	170	8.604
DMU9	4,57895	760	240	19	605
DMU10	4,33333	600	0	15	354
DMU11	4,75862	2.300	1.020	145	1.954
DMU12	3,8777	4.880	1.070	136	4.161
DMU13	4,66667	1.620	220	124	1.745
DMU14	4,46154	1.040	160	25	690
DMU15	4,42857	1.800	120	20	1.274
DMU16	4,63415	4.800	870	271	4.947
DMU17	4,73864	6.940	1.670	396	5.037
DMU18	4,53793	5.680	1.900	360	6.281

Fonte: elaborado pelos autores (2017)

A tabela 2 mostra algumas estatísticas descritivas extraídas das variáveis apresentadas na tabela 1.

Tabela 2 - Estatísticas descritivas das variáveis utilizadas nos modelos

<b>Variáveis</b>	<b>Média</b>	<b>Mediana</b>	<b>Desvio-Padrão</b>	<b>Quartil 1</b>	<b>Quartil 3</b>
ITD	4,408	4,487	0,3300	4,333	4,644
CD	2.617,778	1.670,000	2.067,689	1.040,000	4.800,000
DQ	510,556	215,000	572,615	120,000	870,000
PPGQ	110,833	53,500	119,891	20,000	145,000
PIQ	2.556,610	1.634,500	2.319,553	882,000	4161,000
EGRES	115,944	78,500	105,906	64,000	140,000

Fonte: elaborada pelos autores (2017)

Apesar de existirem unidades acadêmicas sem cursos de pós-graduação *stricto sensu*, nenhuma possui índices nulos de PPGQ, pois orientam dissertações e teses em outras unidades.

Observa-se que há sete unidades acadêmicas, entre as dezoito analisadas, com valores do Índice de Titulação dos Docentes abaixo da média, enquanto que doze DMUs encontram-se abaixo da média de Capacidade Docente. Destaca-se, neste índice, a DMU8, a DMU17 e a DMU18 que se encontram acima do percentil 90%. Este fato pode ter dois sentidos, pois grande número de insumos pressupõe, para a eficiência, uma produção condizente com esta grandeza. Quanto aos discentes qualificados, apenas a DMU1 e a DMU10 não possuíam alunos de pós-graduação *stricto sensu* no ano em análise.

Já em relação aos *outputs*, já definidos para os dois modelos, sete unidades se apresentam acima da média da PPGQ e doze DMUs estão abaixo da média da PIQ.

## **5. Resultados e discussões**

Realizadas as etapas objetivando a criação dos modelos, tabularam-se os dados no *software* Sistema Integrado de Apoio à Decisão - SIAD (ÂNGULO MEZA *et al.*, 2005a, 2005b), de propriedade da Universidade Federal Fluminense (UFF), mas que sua utilização é livre para todos os fins.

Apresenta-se na tabela 3, o resultado do Modelo I, CCR e orientado a *outputs*, que, conforme descrito, considera o índice de Discentes Qualificados como um produto de cada DMU, ou seja, orientado a *output*. É importante recordar que por questões éticas, as DMUs foram tabuladas de forma aleatória e renomeadas de maneira genérica.

Tabela 3 - Eficiência das DMUs da UFJF, pelo modelo I, e os alvos de cada variável

DMUs	Eficiência Técnica	Alvos		
		DQ*	PPGQ*	PIQ*
DMU1	0,62	235,19	69,41	1.951,48
DMU2	0,95	167,76	41,94	2.122,70
DMU3	0,80	548,36	131,56	3.653,63
DMU4	0,43	465,80	91,59	2.054,18
DMU5	0,87	162,03	43,62	1.749,43
DMU6	1,00	-	-	-
DMU7	0,64	330,03	58,24	964,95
DMU8	1,00	-	-	-
DMU9	0,81	295,18	48,04	744,11
DMU10	0,45	108,39	33,19	783,27
DMU11	1,00	-	-	-
DMU12	0,74	1.020,00	145,00	1.954,00
DMU13	1,00	-	-	-
DMU14	1,00	-	-	-
DMU15	0,51	235,460	55,76	2.499,80
DMU16	0,91	1.525,55	296,62	5.414,72
DMU17	1,00	-	-	-
DMU18	1,00	-	-	-

Fonte: elaborada pelos autores (2017)

Analisando-se a tabela 3, nota-se que, segundo o Modelo I sugerido, há sete DMUs tidas como eficientes na UFJF (DMU6, DMU8, DMU11, DMU13, DMU14, DMU17 e DMU18) sendo, portanto, onze consideradas ineficientes (DMU1, DMU2, DMU3, DMU4, DMU5, DMU7, DMU9, DMU10, DMU12, DMU15 e DMU16).

Observa-se, também, que a DMU4 é a que se encontra mais distante da fronteira de produção, sendo seguida pela DMU10 e DMU15, que estão com o índice de eficiência técnica abaixo de 0,60. A DMU2 e a DMU16 encontram-se muito próximas do nível de eficiência, com índices de 0,953504 e 0,913620, respectivamente.

A coluna de alvos mostra o quanto cada unidade acadêmica considerada deve almejar quanto à sua produção acadêmica, visto que o modelo é orientado a *outputs*, a fim de se tornar eficiente.

Portanto, a DMU1, por exemplo, que possuía um índice DQ zero, PPGQ de 43 e PIQ de 1.209, deve ter índices de DQ de 235,188, de PPGQ de 69,408 e de PIQ de 1.951,482.

Conforme explicitado, os discentes qualificados podem ser considerados tanto como *inputs* quanto como *outputs*. O primeiro modelo analisou a DEA aplicada às unidades acadêmicas da UFJF como *output*. A tabela 5 mostra o resultado da segunda modelagem, que considerou DQ como *input*. Nota-se que as unidades acadêmicas eficientes, de acordo com o Modelo II proposto, são: DMU1, DMU2, DMU5, DMU6, DMU8, DMU13, DMU16, DMU17 e DMU18, contabilizando nove unidades eficientes.

Tabela 5 - Escores de eficiência das DMUs da UFJF, pelo Modelo II de DEA, e os alvos de cada variável para o alcance da eficiência

DMUs	Eficiência Técnica	Alvos	
		PPGQ*	PIQ*
DMU1	1,00	-	-
DMU2	1,00	-	-
DMU3	0,80	131,21	3.645,13
DMU4	0,36	48,09	2.434,03
DMU5	1,00	-	-
DMU6	1,00	-	-
DMU7	0,73	23,31	1.728,99
DMU8	1,00	-	-
DMU9	0,59	32,38	1.030,89
DMU10	0,85	17,67	496,849
DMU11	0,88	164,25	2.503,16
DMU12	0,66	206,07	6.304,97
DMU13	1,00	-	-
DMU14	0,50	49,85	1.375,95
DMU15	0,53	45,60	2.428,80
DMU16	1,00	-	-
DMU17	1,00	-	-
DMU18	1,00	-	-

Fonte: elaborada pelos autores (2017)

Analisando-se a tabela 5, a DMU que apresenta maior distância à fronteira de eficiência é a

DMU4, com um índice de eficiência técnica de aproximadamente 0,36. Ela é seguida pela DMU7, com índice que está em torno de 0,48.

Já a tabela 7 apresenta os resultados advindos da modelagem III. As unidades eficientes neste modelo foram: DMU1, DMU2, DMU3, DMU4, DMU7, DMU9, DMU10 e a DMU13. A DMU que apresenta maior distância à fronteira eficiente é a DMU14, seguida da DMU18 e DMU12.

Tabela 7 - Escores de eficiência das DMUs da UFJF, pelo Modelo III de DEA, e os alvos de cada variável para o alcance da eficiência

DMUs	Eficiência Técnica	Alvos		
		PPGQ*	PIQ*	EGRES
DMU1	1,00	-	-	-
DMU2	1,00	-	-	-
DMU3	1,00	-	-	-
DMU4	1,00	-	-	-
DMU5	0,88	169,08	7.350,09	171,67
DMU6	0,81	129,07	5.160,48	128,50
DMU7	1,00	-	-	-
DMU8	0,88	164,24	3.284,67	138,94
DMU9	1,00	-	-	-
DMU10	1,00	-	-	-
DMU11	0,71	60,41	2.691,587	95,53
DMU12	0,54	43,57	3.232,45	196,09
DMU13	1,00	-	-	-
DMU14	0,49	45,60	3.382,80	205,20
DMU15	0,73	23,30	1.728,99	104,88
DMU16	0,63	39,67	1.927,73	88,85
DMU17	0,79	23,06	1.418,27	81,04
DMU18	0,51	29,25	1.064,65	56,55

Fonte: elaborada pelos autores (2017)

Após verificação e aplicação da Análise Envoltória de Dados nos modelos propostos, pode-se compará-los quanto aos resultados extraídos. Nota-se, inicialmente, que nenhum dos três modelos apresentou grande poder de classificação, apresentando grandes quantidades de

unidades acadêmicas sendo classificadas como eficientes. O quadro 4 resume os resultados.

Quadro 4 - DMUs eficientes por modelos sugeridos

<b>DMUs eficientes - Modelo I</b>	
DMU6	DMU17
DMU8	
DMU11	
DMU13	
DMU14	
<b>DMUs eficientes - Modelo II</b>	
DMU1	DMU13
DMU2	DMU16
DMU5	DMU17
DMU6	
DMU8	
<b>DMUs eficientes - Modelo III</b>	
DMU1	DMU10
DMU2	DMU13
DMU3	
DMU4	
DMU7	
DMU9	

Fonte: elaborado pelos autores (2017)

Enquanto o modelo I apresentou sete unidades acadêmicas como eficientes: DMU6, DMU8, DMU11, DMU13, DMU14, DMU17 e DMU18, o modelo II externou nove unidades eficientes: DMU1, DMU2, DMU5, DMU6, DMU8, DMU13, DMU16, DMU17 e DMU18. Já o modelo III apresentou oito unidades como eficientes: DMU1, DMU2, DMU3, DMU4, DMU7, DMU9, DMU10 e a DMU13. O quadro 4 resume os resultados.

Observa-se, portanto, que apenas a DMU13 é considerada como eficiente em todas as modelagens propostas, mostrando a sensibilidade da DEA quanto à escolha das variáveis. As DMUs 1; 2 e 13 são eficientes concomitantemente nos modelos II e III, enquanto que as DMUs:

6; 8; 13; 17 e 18 são eficientes nos modelos I e II, enquanto que nenhuma outra unidade, além da DMU13, é eficiente em conjunto nos modelos I e III.

Os alvos de *outputs* das DMUs classificadas como ineficientes também representam pontos de discordância entre os modelos apresentados. Dentre as variáveis consideradas como *outputs* em todas as construções técnicas (PPGQ e PIQ), o aumento do PPGQ para a DMU11, por exemplo – ineficiente nos modelos II e III, é de 125,25 para a construção II e de 60,41 para o modelo III. Já a DMU4, ineficiente nas modelagens I e II, requer um aumento de 2.054,18 para a variável PIQ no primeiro modelo e de 2.434,03 no segundo modelo.

Mostra-se, desta forma, o cuidado que se deve ter ao escolher as variáveis na aplicação da DEA na avaliação da educação, tendo que se pautar fortemente ou na opinião de especialistas da área ou na observância de algoritmos que indicam, dependendo do objetivo geral do pesquisador ou do gestor, quais variáveis incluir e quais excluir da análise.

## 6. Considerações finais

Este trabalho procurou demonstrar a sensibilidade exposta na aplicação da técnica não paramétrica de Análise Envoltória de Dados (DEA) quanto a inclusão ou não de variáveis de interesse para determinar a eficiência acadêmica das unidades de ensino e pesquisa da Universidade Federal de Juiz de Fora. Para tanto, utilizou-se uma pesquisa descritiva de natureza quantitativa.

Foram criados três modelos com a finalidade de comparação dos resultados, considerando que a variável *Discentes Qualificados* poderia agir tanto como insumo de produção acadêmica, como poderia ser considerada como uma produção advinda da dedicação e maior produtividade acadêmica de cada unidade tomadora de decisão, além da substituição desta pela variável *Egressos* dos cursos de graduação das unidades em questão na modelagem III.

Observa-se que apenas a DMU13 foi classificada como eficiente concomitantemente nas três modelagens, sendo que: as DMUs 1; 2 e 13 são eficientes concomitantemente nos modelos II e III, enquanto que as DMUS 6; 8; 13; 17 e 18 são eficientes nos modelos I e II e; nenhuma outra unidade, além da DMU13, é eficiente em conjunto nos modelos I e III. Desta forma, mostra-se a sensibilidade da técnica em questão quanto à análise de eficiência no âmbito educacional, em especial na UFJF.

Espera-se que este estudo contribua para demonstrar como a utilização da técnica DEA pode

ser uma ferramenta útil na gestão das unidades acadêmicas de uma universidade, desde que se possua o cuidado de escolher de forma adequada as variáveis a serem incluídas no modelo. Como sugestão para estudos futuros, pode ser aventado o desenvolvimento de outras metodologias para confrontar os resultados aqui expostos, como aplicação de outros algoritmos de resolução da programação linear necessária à solução das modelagens por DEA, a fim de, além de comparar os resultados por modificações nas variáveis, também pela resolução das modelagens em si. A continuidade desta pesquisa poderá propor novos modelos de eficiência para as unidades acadêmicas da UFJF, como também, servirá de sugestão de aplicação do modelo para outras instituições de ensino superior, tanto públicas quanto privadas.

## REFERÊNCIAS

AMARAL, O. S. Avaliação da eficiência produtiva das unidades acadêmicas da Universidade do Amazonas, nos anos de 1994 e 1995, empregando análise envoltória de dados. 1999. 93 f. *Dissertação* (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1999.

ANGULO MEZA, L. *et al.* Free software for decision analysis: a software package for data envelopment models. In: *ICEIS 2005 - 7th International Conference on Enterprise Information Systems*, v. 2, p. 207-212, 2005a.

ANGULO MEZA, L. *et al.* ISYDS - Integrated System for Decision Support (SIAD - Sistema Integrado de Apoio à Decisão): a software package for data envelopment analysis model. *Pesquisa Operacional*, v. 25, n. 3, p. 493-503, 2005b.

BANDEIRA, D. L. Análise da Eficiência Relativa de Departamentos Acadêmicos – o Caso da UFRGS. 2000. 147 f. *Dissertação* (Mestrado em Administração). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2000.

BANKER, R. D.; CHARNES, A.; COOPER, W. W. Models for estimating technical and returns to scale efficiencies. *Management Science*, v. 30, p. 1078-1092, 1984.

BATTESE, G.; COELLI, T. Frontier production functions, technical efficiency and panel data: with application to paddy farmers in India. In: *International applications of productivity and efficiency analysis*. Springer Netherlands, p. 149-165, 1992.

BELLONI, J. A. Uma metodologia de avaliação da eficiência produtiva de universidades federais brasileiras. 2000. 220 f. *Tese* (Doutorado em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.

CAVALCANTE, S. M.; ANDRIOLA, W. Avaliação da eficiência dos cursos de graduação da Universidade Federal do Ceará (UFC) através da análise envoltória de dados (DEA). *Revista Iberoamericana de Evaluación Educativa*. Madri, v. 5, n. 3, p. 292-314, mar. 2012.

CHARNES, A.; COOPER, W. W.; LEWIN, A. Y. *Data Envelopment Analysis: theory, methodology and application*. Massachusetts: Kluwer Academic Publishers, 1994.

CHARNES, A.; COOPER, W. W.; RHODES, E. Measuring the efficiency of the decision-making units. *European Journal of Operational Research*, v. 2, p. 429-444, 1978.

COOPER, W. W.; SEIFORD, L. M.; ZHU, J. Data envelopment analysis. In: *Handbook on data envelopment analysis*. Springer US, 2004. p. 1-39.

COSTA, E. M. et al. Dinâmica da eficiência produtiva das instituições federais de ensino superior. *Planejamento e Políticas Públicas – PPP*, n. 44, p. 52-84, jan./jun. 2015.

DA SILVA, P. A. O Reuni na UFJF: um estudo sobre os principais desafios enfrentados pelos gestores. 88 f. *Dissertação* (Mestrado em Gestão e Avaliação da Educação Pública). Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora, 2013.

DIAS, C. L.; HORIZUELA, M. L. M.; MARCHELLI, P. S. Políticas para avaliação da qualidade do Ensino Superior no Brasil: um balanço crítico. *Educação e Pesquisa*, São Paulo, v. 32, n. 3, p. 435-464, set./dez. 2006.

FERREIRA, C. M. C.; GOMES, A. P. *Introdução à análise envoltória de dados: teoria, modelos e aplicações*. Viçosa: UFV, 2009.

GIACOMELLO, C. P.; OLIVEIRA, R. L. O. Análise envoltória de dados (DEA): uma proposta para avaliação de desempenho de unidades acadêmicas de uma universidade. *Revista GUAL*, Florianópolis, v. 7, n. 2, p. 130-151, mai. 2014.

HOFFMANN, C. *et al* O desempenho das universidades brasileiras na perspectiva do Índice Geral de Cursos (IGC). *Educação e Pesquisa*, Rio de Janeiro, v. 3, n. 2, p. 651-666, jul./set. 2014.

INEP. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. *INEPDATA*. Disponível em: <<http://inepdata.inep.gov.br/analytics/>>. Acesso em: 25 abr. 2016.

INEP. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. *SINAES*. Disponível em: <<http://portal.inep.gov.br/superior-sinaes>>. Acesso em: 30 ago. 2016.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios*. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/trabalhoerendimento/pnad2014/default.shtm>>. Acesso em: 25 abr. 2016

LIMA, L. C.; AFONSO, A. J. *Reformas da Educação Pública: Democratização, Modernização, Neoliberalismo*. Porto: Edições Afrontamento, 2002.

LOPES, A. L. M. Um modelo de análise envoltória de dados e conjuntos difusos para avaliação cruzada da produtividade e qualidade de departamentos acadêmicos: uma aplicação na UFSC. 1998. 160 f. *Tese* (Doutorado em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1998.

MALHOTRA, N. K. *Pesquisa de marketing: uma orientação aplicada*. 4 ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

MOROSINI, M. C.; LEITE, D. *Avaliação institucional como um organizador qualificado: na prática, é possível repensar a universidade?* In: SGUISSARI, V. Avaliação universitária em questão: reformas do Estado e da educação superior. Campinas, São Paulo: Editora Autores Associados, 1997.

PANEPUCCI, G. T. M. (2003). Avaliação de Desempenho dos Departamentos Acadêmicos da UFSCar Utilizando Análise de Envoltória de Dados. 2003. 131 f. *Dissertação* (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2003.

SCHWARTZMAN, J. *Um sistema de indicadores para as universidades brasileiras*. Núcleo de Pesquisas sobre Ensino Superior Universidade de São Paulo – NUPES. Documento de trabalho 5/94, São Paulo, 1994.

PLATAFORMA-SOMOS. *Plataforma SOMOS da Universidade Federal de Juiz de Fora*. Disponível em: <[www.somos.ufjf.edu.br](http://www.somos.ufjf.edu.br)>. Acesso em: 20 abr. 2016.

SENRA, L. F. A. C. et al. Estudo sobre métodos de seleção de variáveis em DEA. *Pesquisa Operacional*, v. 27, n. 2, p. 191-207, 2007.

THANASSOULIS, E.; DYSON, R. G. Estimating preferred target input-output levels using data envelopment analysis. *European Journal of Operational Research*. v. 56, p. 80-97. 1992.

UFJF. Universidade Federal de Juiz de Fora. Sistema Integrado de Gestão Acadêmica. Disponível em: <[www.siga.ufjf.br](http://www.siga.ufjf.br)>. Acesso em: 13 set. 2016.

VERGARA, S. C. *Projetos e relatórios de pesquisa em administração*. 15 ed. São Paulo: Atlas, 2014.

# Capítulo 11

## TÉCNICA DA DUPLA CAMADA NA SOLDAGEM DO AÇO ASTM 131 GRAU AH 36: ESCOLHA DAS ENERGIAS

Leandro Macedo Cozza

José de Souza

Jorge Luis Braz Medeiros

Luciano Volcanoglo Biehl

Demostenes Ferreira Filho

Frederico Sporket

## TÉCNICA DA DUPLA CAMADA NA SOLDAGEM DO AÇO ASTM 131 GRAU AH 36: ESCOLHA DAS ENERGIAS

Leandro Macedo Cozza  
José de Souza  
Jorge Luis Braz Medeiros  
Luciano Volcanoglo Biehl  
Demostenes Ferreira Filho  
Frederico Sporket

### Resumo

Durante o processo de soldagem o aço microligado ASTM A131 Grau AH36 pode apresentar defeitos oriundos dos ciclos térmicos (distorções) que demandarão procedimentos onerosos como o tratamento térmico pós-soldagem. Somando-se a isto, este aço não é indicado a sofrer normalização, normalização seguida por revenimento, ou por têmpera e revenimento. Neste caso, a técnica da dupla camada, que se baseia na deposição controlada dos passes da primeira e segunda camada através da escolha apropriada da relação de energias de soldagem, surge como alternativa. Diante disto, este trabalho teve por objetivo encontrar a relação de energia de soldagem que satisfizesse os critérios de microdureza e macrografia. Para isto foram realizadas soldagens preliminares para cada energia e após isto a comprovação com a soldagem de dupla camada em chapa plana. Os resultados indicaram que as relações de energias de soldagem 5/14 e 5/17  $\text{kJ}\cdot\text{cm}^{-1}$  foram aprovadas, porém a energia de 5/14  $\text{kJ}\cdot\text{cm}^{-1}$  foi a que apresentou o maior afastamento no critério baseado na microdureza. A soldagem com dupla camada comprovou que a relação de energia encontrada foi adequada apresentando microdurezas com valores inferiores ao limite da zona endurecida (300 HV0,1) demonstrando a possibilidade de revenimento ocasionado pela sobreposição dos passes.

**Palavras-chave:** soldagem, dupla camada, ASTM 131 grau AH36.

## 1. Introdução

Atualmente empregado na indústria mecânica como estruturas em cascos de plataformas de petróleo, o aço ASTM A131 AH36, processado por TMCP (thermomechanical controlled processing), possui alta resistência mecânica resultante de três mecanismos de endurecimento: refinamento de grão austenítico e ferrítico, dispersão de carbonídeos e carbonetos, e aumento de densidade de discordâncias. Esses três mecanismos têm permitido aos fabricantes reduzir o teor de carbono dos aços (<0,10%) e melhorar sua soldabilidade [1].

Dependendo da composição e das condições de processamento, os aços TMCP têm microestrutura formada pela transformação da austenita em ferrita/perlita, ferrita/bainita, ferrita/martensita ou ainda uma mistura de vários constituintes. Um exemplo, neste caso, pode ser a aplicação do resfriamento acelerado ao fim do processo com objetivo de promover a formação de ferrita acicular em vez de ferrita poligonal contribuindo para uma combinação favorável de alta resistência mecânica porém sem apresentar decréscimo na tenacidade ao impacto [1, 2].

Este mesmo aço pode apresentar, em juntas soldadas, defeitos oriundos dos ciclos térmicos (distorções), processos de soldagem aplicada e/ou das habilidades operacionais (principalmente em processos manuais como eletrodo revestido (SMAW), por exemplo). No controle e eliminação destes defeitos normalmente se utiliza do procedimento de reparo da junta soldada. Este é um processo que requer uma série de providências e adequações para que a zona afetada pelo calor (ZAC) tenha as características mecânicas e metalúrgicas similares à junta antes do reparo. Para estes objetivos são utilizados alguns procedimentos, dentre os quais a aplicação de tratamento térmico pós-soldagem (TTPS) que visa diminuir a microdureza, reduzir as tensões residuais e garantir uma boa tenacidade à fratura na região recuperada. Porém o TTPS muitas vezes pode ser uma alternativa onerosa e até mesmo inviável por comprometer questões relativas a tempo, custo e processo, pois nem sempre podem ser realizados devido as suas questões operacionais, além das dimensões das estruturas.

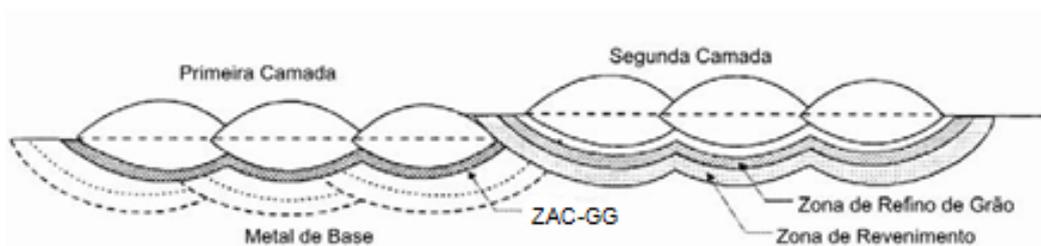
Somando-se a inviabilidade do tratamento térmico, este aço não é indicado a sofrer normalização, normalização seguida por revenimento, ou por têmpera e revenimento. Estes processos podem deteriorar as propriedades de tração e/ou tenacidade. Se o tratamento térmico para alívio de tensões (TTAT) é requerido pelas normas de fabricação de equipamentos, ele deve ser realizado com o único propósito de relaxamento de tensões

residuais e não para modificar as propriedades mecânicas como frequentemente se faz com os aços convencionais devido às temperaturas aplicadas [1].

Neste caso, uma alternativa que surge com potencial para contornar estas questões é a utilização de técnicas especiais de soldagem sem tratamento térmico posterior, uma vez que não foi encontrado estudos sobre a aplicação das mesmas neste tipo de aço. Dentre elas se destaca a técnica da dupla camada que se baseia na deposição controlada dos passes da segunda e primeira camadas e da relação de energia de soldagem de tal forma que ocorra então o revenimento e o refino microestrutural na zona afetada pelo calor.

A técnica de dupla camada consiste em promover uma adequada sobreposição dos ciclos térmicos de tal forma que a segunda camada promova o refino e o revenimento da zona afetada pelo calor - grão grosseiro (ZAC-GG) da primeira camada, conforme mostra a Figura 1 [3].

Figura 1 - Esquema das sub-regiões da ZAC em uma soldagem multipasses



A técnica da dupla camada tem sido pesquisada com intuito de evitar este tratamento térmico e garantir boas propriedades mecânicas da peça soldada. Farias e Aguiar [4], no estudo do aço ABNT 4140, mostraram que o grau de refino da ZAC-GG foi satisfatório. Os melhores resultados foram obtidos com baixos aportes de energia na primeira camada, onde as relações de energia de 1/1 e 1/2 entre as camadas foram utilizadas. Os autores observaram que o uso de uma elevada energia na deposição da primeira camada promoveria um maior crescimento de grão, o que por sua vez, implicaria em dificuldade de refino pela segunda camada prejudicando a tenacidade da mesma.

Lant et al. [5] recomendam o controle de alguns parâmetros para que a técnica seja bem-sucedida, sendo eles, a altura média e penetração referentes a primeira camada e a profundidade refinada pela segunda camada. Melhores resultados são alcançados com mínimo aporte de calor na primeira camada e percentual de sobreposição de 30 a 50%. Com 50% de

sobreposição pode-se obter refino de até 80% na ZAC-GG.

Alguns autores buscaram avaliar a influência da técnica da dupla camada nas propriedades dos componentes soldados. De acordo com resultados, controlando adequadamente os parâmetros de soldagem, a própria energia do segundo passe é capaz de revenir e refinar a ZAC-GG do primeiro. Sabe-se desses estudos que baixos aportes de energia na primeira camada mostram-se, em geral, satisfatórios, uma vez que uma elevada energia de soldagem na primeira camada poderia acarretar crescimento de grão ocasionando em dificuldade de refino pela segunda camada [6, 7].

A ferramenta mais comumente utilizada para selecionar as relações de energia utilizadas na soldagem da dupla camada é o critério de microdureza, que consiste em realizar a soldagem de cordões simples e, em seguida, realizar a medição da geometria dos cordões (reforço e penetração) e uma varredura de microdureza (partindo da linha de fusão e abrangendo toda a região da ZAC bem como parte do metal base). O critério de macrografia é semelhante ao critério de dureza. Enquanto o primeiro critério baseia-se na dureza para delimitar as regiões da ZAC (zona endurecida e zona não endurecida), o critério de macrografia baseia-se na macrografia para delimitar a região da ZAC com granulação grosseira (ZAC-GG) e a região com granulação fina (ZAC-GF) [8].

A técnica da dupla camada se mostrou eficaz na melhora das propriedades da microestrutura da ZAC-GG e refino de grão na soldagem de revestimento da liga de Níquel no aço ASTM A387 Grau 11 pelo processo de soldagem MIG/MAG. Houve também redução nas medidas de microdureza e ficou comprovado que quanto maior a energia da primeira camada maior a tendência de reprovação nos diagramas de decisão dos critérios de microdureza e microestrutura, pois maior será a zona dura ou a ZAC-GG [9].

Cruz [10] encontrou (através dos diagramas de decisão) a melhor relação de energia em  $6/10 \text{ kJ.cm}^{-1}$ . Embora, possa afirmar-se que a primeira camada deve ser aplicada com uma energia baixa, na faixa dos  $6 \text{ kJ.cm}^{-1}$ , a segunda camada poderá ser realizada com uma faixa maior ( $6, 10$  ou  $14 \text{ kJ.cm}^{-1}$ ). Este fato possibilita a aplicação da dupla camada em campo, apesar da dificuldade de se manter a energia de soldagem controlada no processo de soldagem manual.

Desta forma, o presente trabalho tem como objetivo encontrar a relação de energia de soldagem que satisfaça os critérios de microdureza e macrografia aliados aos diagramas de decisões de tal forma que ocorra então o revenimento e o refino microestrutural na zona afetada pelo calor no aço ASTM A131 Grau AH36 para que o TTPS possa ser evitado na tentativa de reduzir a microdureza e distorções relacionadas as tensões residuais.

## **2. Materiais e métodos**

### **2.1. Materiais**

#### Metal de Base e de adição

O metal de base utilizado neste trabalho foi o aço ASTM A131 Grau AH36, fornecido sob a forma de chapa laminada de 750 x 1300 x 12,5 (mm).

A fim de obter o controle das variáveis de soldagem, o que pode ser considerado crucial nesta pesquisa, optou-se por escolher o processo de soldagem GMAW semiautomático com metal de adição AWS ER70S-6 de 1,2 mm de diâmetro com 100% de CO<sub>2</sub> como gás de proteção.

### **2.2. Metodologia**

#### Caracterização do Metal de Base

As amostras foram cortadas e submetidas à preparação metalográfica para caracterização microestrutural através do microscópio ótico com sistema de análise de imagens e medição de composição química com espectrômetro ótico. Também foram realizados ensaios de microdureza com um microdurômetro Vickers.

#### Soldagem Preliminar

Nesta etapa foi realizado um primeiro cordão de soldagem com deposição sobre chapa de dimensões 150 x 80 x 12,5 (mm) na posição plana.

O objetivo da aplicação desta técnica foi encontrar uma relação entre as energias da primeira e segunda camada. Neste quesito foram testados quatro níveis de energias de soldagem com a variação da energia controlada pela velocidade de soldagem.

Os corpos de prova foram soldados com distância bico de contato-peça (DBCP) de 12 mm e vazão de gás de 16 l.min<sup>-1</sup>. A fim de parametrizar os valores de corrente e tensão foi necessário regular a fonte de soldagem com velocidade de alimentação de 4 m.min<sup>-1</sup> e tensão de operação em 25 V. A corrente e a tensão de soldagem foram monitorados durante os testes com um sistema de aquisição de dados operando com uma frequência de 2 kHz. A Tabela 1 apresenta os valores de tensão e corrente encontrados, as velocidades de soldagem reguladas e

as energias de soldagem calculadas.

Tabela 1 - Parâmetros de soldagem

Corpo de Prova	Tensão (V)	Corrente (A)	Velocidade de Soldagem (cm.min <sup>-1</sup> )	Energia de Soldagem (kJ.cm <sup>-1</sup> )
1	24,3	125	39,6	5
2	25,0	124	21,6	9
3	24,4	128	13,2	14
4	24,2	126	10,7	17

Após a soldagem das placas de teste confeccionaram-se as amostras para realizar as medições de microdureza conforme apresentado na Figura 2 (a). As medições de microdureza seguiram a mesma metodologia apresentada por Cruz [10] e Azevedo [11]. Os ensaios percorreram transversalmente as regiões da solda, desde a ZF até o metal de base (afastamento aproximado de 30° para cada serie de impressões, sendo uma das direções normal ao plano superior da amostra) com uma distância de 0,2 mm para uma carga de 100 g aplicada durante 10 segundos conforme Figura 2 (b). Os valores de microdureza média foram empregados para avaliar os tamanhos das zonas endurecidas (ZE) e zonas não endurecidas (ZNE).

Nas três amostras retiradas da placa de teste também foram utilizadas para as medições da ZAC-GG, ZAC-GF, reforço (R) e penetração (P) utilizando um microscópio ótico para cada energia de soldagem e posteriores medições com auxílio do aplicativo *Image J*.

Figura 2 - Retirada das amostras:

a) Transversal ao corpo de prova; b) Detalhe das amostras com as linhas de direção para medição de microdureza



### Critérios de Análise para os Diagramas de Decisão

Os perfis de microdurezas bem como os dos perfis oriundos das macrografias serviram de parâmetro para construção dos diagramas e foram submetidos aos critérios representados nas Equações 1 a 4.

#### Critério do Perfil do Cordão baseado na Microdureza

$$(PZNE_2) > (PZE_1)$$

(1)

$$(R_1 + P_1) > (PZE_2)$$

(2)

onde:  $PZNE_2$  representa a profundidade da zona não endurecida da segunda camada,  $PZE_1$  representa a profundidade da zona endurecida da 1ª camada,  $R_1$  representa a altura do reforço da primeira camada e  $P_1$  representa a medida da penetração da primeira camada.

#### Critério do Perfil do Cordão baseado na Macrografia

$$(PZAC-GF_2) > (PZAC-GG_1)$$

(3)

$$(ZF_1) > (PZAC-GG_2)$$

(4)

onde:  $ZF_1$  representa o somatório do reforço e da penetração na primeira camada,  $PZAC-GF_2$  a profundidade da zona afetada pelo calor com granulação fina da segunda camada,  $PZAC-GG_1$  profundidade da zona afetada pelo calor da granulação grosseira da primeira camada e  $PZAC-GG_2$  representa a profundidade da zona afetada pelo calor da granulação grosseira da segunda camada.

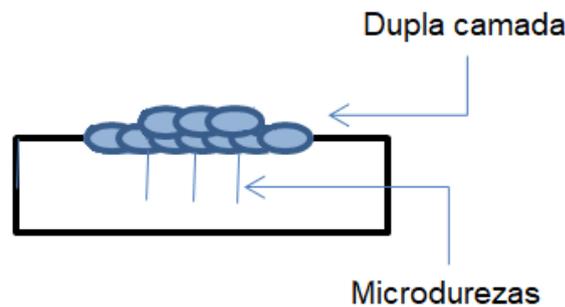
### Soldagem com a Dupla Camada com Deposição sobre Chapas

O ensaio da relação de energias consistiu em aplicar cordões (soldagem semiautomática) sobre chapa com a técnica da dupla camada, utilizando os parâmetros da Tabela 1 a fim de verificar se o nível de revenimento atingido pela dupla camada está de acordo com os valores

pré-estabelecidos de microdureza conforme a relação de energias estabelecida na soldagem preliminar. Para isso foram então depositados sete passes na primeira camada e três passes na segunda com uma sobreposição aproximada de 50% para ambas conforme definido por Lant et al. [5].

Após a soldagem, três amostras foram retiradas transversalmente da placa de teste soldada com duas camadas (Figura 2) para medição dos perfis de microdurezas. Os ensaios percorreram desde a linha de fusão da primeira camada (região correspondente aos 2º, 4º e 6º passes, respectivamente) até o metal de base com distância entre pontos de 0,2 mm para uma carga de 100 g aplicada durante 10 segundos conforme metodologia aplicada por Cruz [10] e Azevedo [11] (Figura 3).

Figura 3 - Detalhe da amostra da solda em dupla camada para medição dos perfis de microdureza



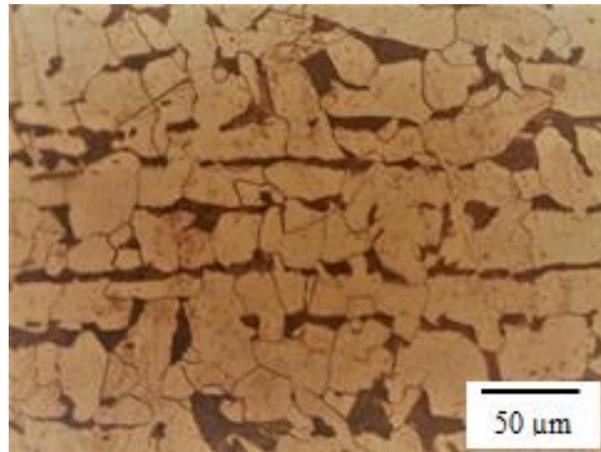
### 3. Resultados e Discussão

#### 3.1. Caracterização do Metal de Base

##### Análise Microestrutural

A verificação microestrutural no metal de base (MB) revelou a presença de estrutura bandeada indicando uma segregação preferencial da perlita ao longo do material, e que a microestrutura presente no MB é composta basicamente de ferrita e perlita em menor quantidade conforme verificado por Cruz [10] em seu trabalho sobre aços microligados. A Figura 4 mostra a presença de ferrita (grãos claros) e perlita (constituintes escuros). Ainda na mesma é possível verificar a estrutura de bandas características do processo TMCP típico desses tipos de aço.

Figura 4 - Micrografia da seção transversal do metal de base



### Análise Química

A Tabela 2 mostra a composição química do AH36 analisado nesta pesquisa.

Tabela 2 - Composição química da amostra do aço ASTM A131 grau AH36

C (%)	Mn (%)	Si (%)	P (%)	S (%)	Al (%)	Cu (%)	Cr (%)	Ni (%)	Nb (%)	Ti (%)	Mo (%)	V (%)
0,09	1,44	0,30	0,01	0,01	0,04	0,01	0,01	0,01	0,03	0,01	0,01	0,01

O aço identificado na tabela 1 é caracterizado com aço de baixo carbono, porém em sua composição química apresenta elementos como o Manganês que contribuem para o aumento da temperabilidade. Ainda deve ser destacado que a presença dos elementos microligantes nióbio e vanádio em associação com o alumínio contribuem para a formação de carbonetos e nitretos precipitados, que além de "ancorarem" o tamanho de grão, contribuem para a presença pontual do aumento da resistência mecânica destes aços.

Quando os mesmos recebem aporte térmico inadequado pode existir degradação do tamanho de grão austenítico e das propriedades mecânicas, sendo por isto o controle do aporte térmico e das taxas de resfriamento fundamentais para o melhor desempenho destes aços quando da necessidade de soldagem.

## Medição de Microdureza

Na Tabela 3 é apresentada a faixa de valores de microdureza encontrados, média e o seu respectivo desvio padrão.

Tabela 3 - Medições de microdureza do metal de base

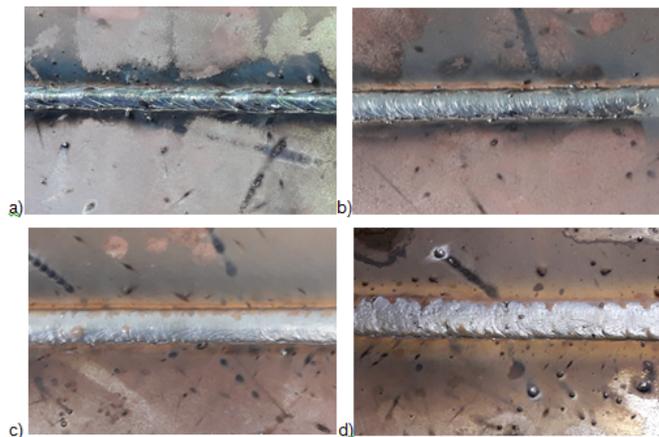
Faixa (HV0,1)	Média (HV0,1)	Desvio Padrão (HV0,1)
190-215	200	8,47

## 3.2. Soldagem Preliminar

A Figura 5 apresentamos os aspectos visuais dos cordões de solda conforme a energia de soldagem.

Figura 5. Aspecto visual dos cordões de solda de acordo com a energia de soldagem:

a)  $5 \text{ kJ.cm}^{-1}$  b)  $9 \text{ kJ.cm}^{-1}$  c)  $14 \text{ kJ.cm}^{-1}$  e d)  $17 \text{ kJ.cm}^{-1}$



Os cordões de solda apresentam acabamento satisfatório e sem discontinuidades aparentes para todas as energias de soldagem. Hu et al. [12] em seu estudo para aços microligados encontrou as melhores propriedades mecânicas para aportes similares de energia (neste caso 9 e  $14 \text{ kJ.cm}^{-1}$ ) identificando que, apesar de aumentar a produtividade, um aumento de energia

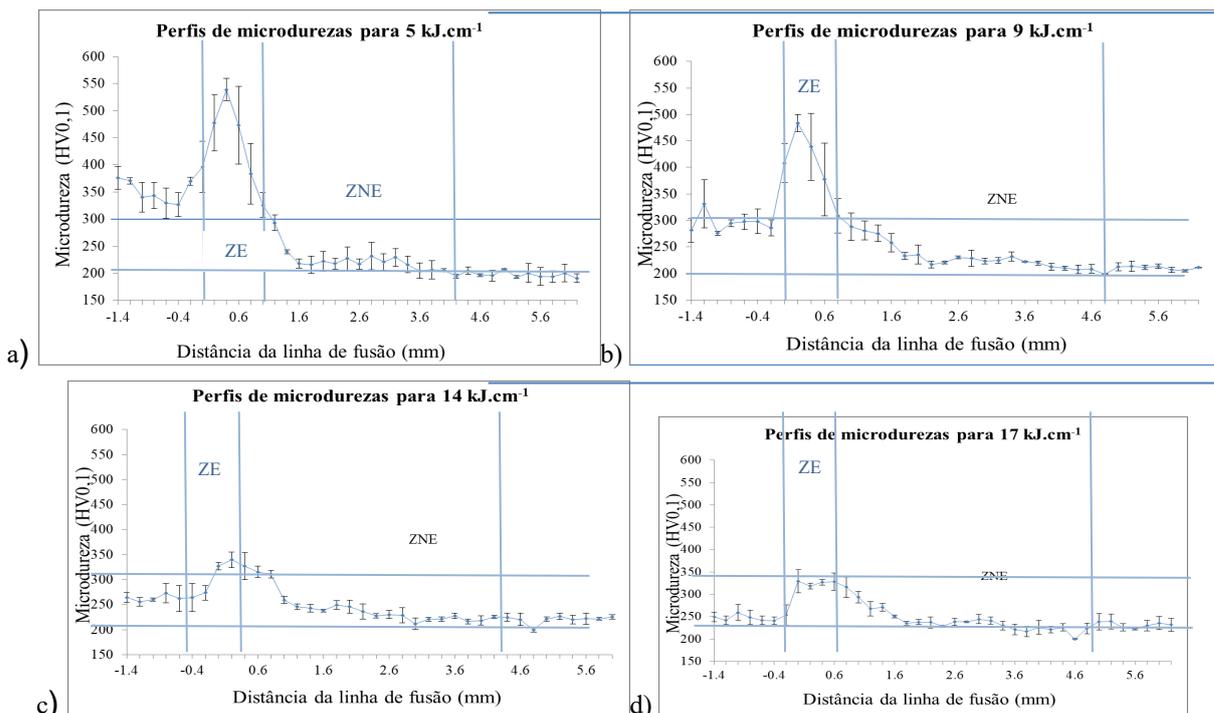
pode não ser benéfico em termos de integralidade da junta soldada.

Uma vez que a tensão e corrente não sofreram variações significativas, o aumento na largura dos cordões pode ser atribuído à diminuição da velocidade de soldagem que está diretamente ligada à quantidade de energia cedida à peça. Velocidades mais baixas, além de elevar o custo da operação, podem causar alterações metalúrgicas na estrutura do material devido à concentração térmica e aumentam assim a dimensão do cordão o que é corroborado e destacado por Machado [13] em seu trabalho.

Para as medições das extensões das zonas endurecida e não endurecida, foi adotado um limite de 300 HV0,1 para o fim da ZE e começo da ZNE e 200 HV0,1 para o fim da ZNE, já que esta é a microdureza média do metal de base. Este critério também foi utilizado por Andrade [8] e Cavalcante et al. [9] em reparos de aços de baixa liga Cr-Mo. A varredura de microdureza permite delimitar a extensão de zona dura e da zona não endurecida da ZAC da seguinte forma: a ZE começa na linha de fusão, onde  $x = 0$ , e se estende até a região em que os valores de microdureza caem para níveis menores que 300 HV0,1 e a ZNE vai do final da ZE até o primeiro ponto onde a microdureza é a mesma do metal de base (200HV0,1).

A Figura 6 ilustra os perfis de microdureza encontrados para as energias 5, 9, 14 e 17 kJ.cm<sup>-1</sup>

Figura 6 - Perfil de microdureza para a energia de: a) 5 kJ.cm<sup>-1</sup>, b) 9 kJ.cm<sup>-1</sup>, c) 14 kJ.cm<sup>-1</sup> e d) 17 kJ.cm<sup>-1</sup>



Para as quatro energias de soldagem utilizadas os menores valores de pico de microdureza ficaram em torno de 350 HV0,1 (Figuras 6 (c) e (d)) e os maiores valores de pico encontrados chegaram próximos de 500 HV0,1, como mostrado nas Figuras 6 (a) e (b). Pode-se observar também por meio destes diagramas que a microdureza tende a reduzir à medida que se afasta da linha de fusão, com picos de microdureza na zona com maior velocidade de resfriamento e uma diminuição desde a zona endurecida até o metal de base definindo a zona não endurecida já com menores taxas de resfriamento.

O pico de dureza diminui à medida que a energia de soldagem aumenta provavelmente em consequência de dois fatores: aumento da quantidade de austenita retida e de bainita. A primeira aumenta devido ao maior tempo de permanência em temperaturas elevadas proporcionado pelo uso de energias mais altas, o que faz com que haja uma maior dissolução do carbono e dos elementos de liga, baixando as temperaturas de martensita inicial e final. Já a quantidade de bainita aumenta com a diminuição da velocidade de resfriamento proporcionada pelo uso de energias mais elevadas [4, 10].

A presença de valores de microdureza elevada como encontradas nos perfis de energias mais baixas podem estar associadas ao crescimento de grão da austenita nessa região (maior temperabilidade) associado a um resfriamento mais rápido (menor energia de soldagem).

As medidas das regiões da solda, das regiões endurecidas e não endurecidas são apresentadas na Tabela 4. Os perfis medidos das amostras em função da macrografia são apresentados na Tabela 5.

Tabela 4 - Medidas das zonas da solda em função da microdureza

Zonas do cordão de solda (mm)								
Energia (kJ.cm <sup>-1</sup> )	5		9		14		17	
	Média	Desvio Padrão						
Reforço	4,3	0,7	6,8	1,3	6,5	1,3	5,6	0,6
Penetração	3,0	0,5	2,9	0,7	4,2	0,8	4,0	0,3
ZE	1,0	0,2	0,9	0,2	0,8	0,0	0,8	0,2
ZNE	3,2	0,2	3,9	0,2	4,0	0,0	3,8	0,2

Tabela 5 - Medidas do perfil em função da macrografia

Zonas do Cordão de Solda (mm)								
Energia (kJ.cm <sup>-1</sup> )	5		9		14		17	
	Média	Desvio Padrão						
Reforço	4,3	0,7	6,8	1,3	6,5	1,3	5,6	0,6
Penetração	3,0	0,5	2,9	0,7	4,2	0,8	4,0	0,3
ZAC-GG	1,4	0,1	1,4	0,4	2,0	0,4	3,0	0,0
ZAC-GF	1,3	0,2	2,9	0,2	2,9	0,6	1,7	0,0

Observou-se que a dimensão do reforço aumentou quando se variou a energia de 5 kJ.cm<sup>-1</sup> para 9 kJ.cm<sup>-1</sup>, e para os demais aumentos do aporte térmico não se observou uma variação significativa na dimensão do reforço. Esse aumento no reforço pode ser atribuído à maior oferta de material de adição, uma vez que, à medida que diminuía a velocidade de soldagem, aumentava-se a quantidade de arame fundido por comprimento de solda, como apresentado na Tabela 1 [7]. Já os valores de penetração não obtiveram variação significativa para as energias de 5 e 9 kJ.cm<sup>-1</sup>, porém observou-se um aumento da medida da penetração da energia de 9 para a de 14 kJ.cm<sup>-1</sup>, que provavelmente ocorreu devido ao aumento do aporte térmico utilizado. Um dos fatores para esse comportamento está diretamente relacionado com a dinâmica do fluxo de calor, onde que, à medida que se aumenta a quantidade de calor fornecida ao sistema conduz ao aumento do volume de metal fundido [7].

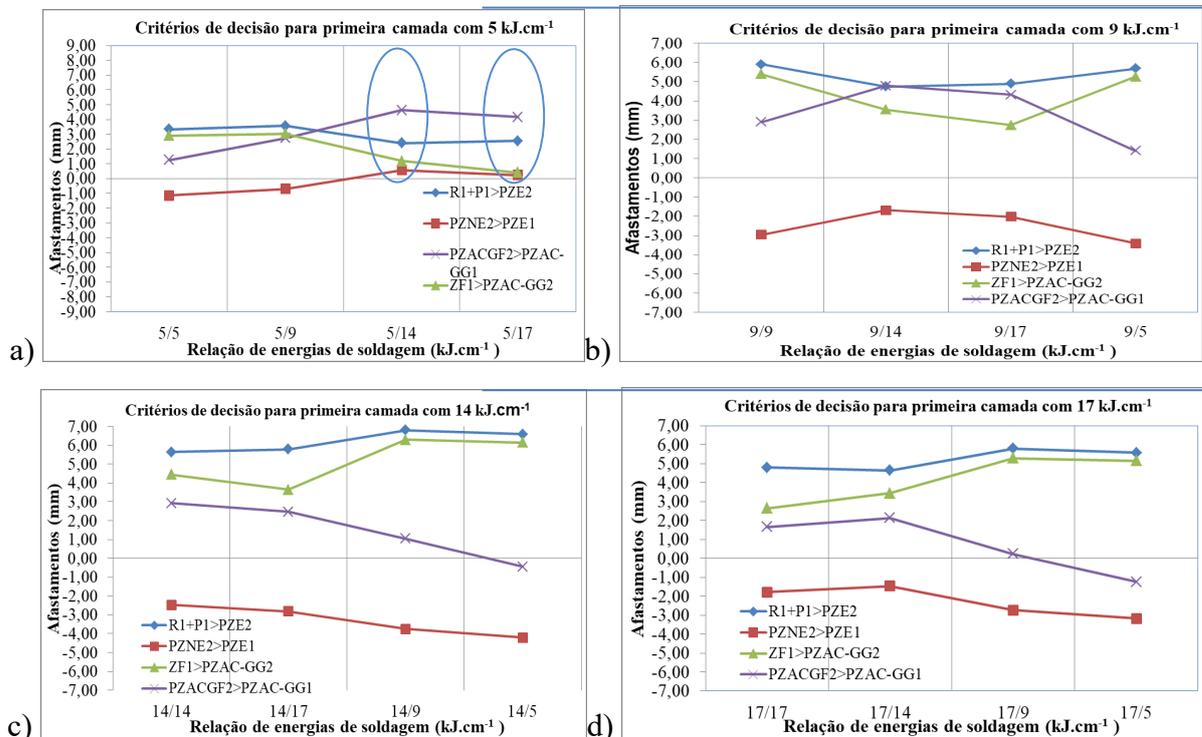
Para o tipo de material considerado, a ZE deve estar contida na ZAC-GG. A ZAC-GG aumenta com o aporte térmico porque a distribuição de temperaturas de pico (repartição térmica) se torna mais aberta (além dos tempos de permanência a alta temperatura aumentarem). Por outro lado, a ZE mostra uma tendência (pouco significativa) de diminuir devido à queda de dureza da ZAC-GG com o aporte térmico (menor velocidade de resfriamento).

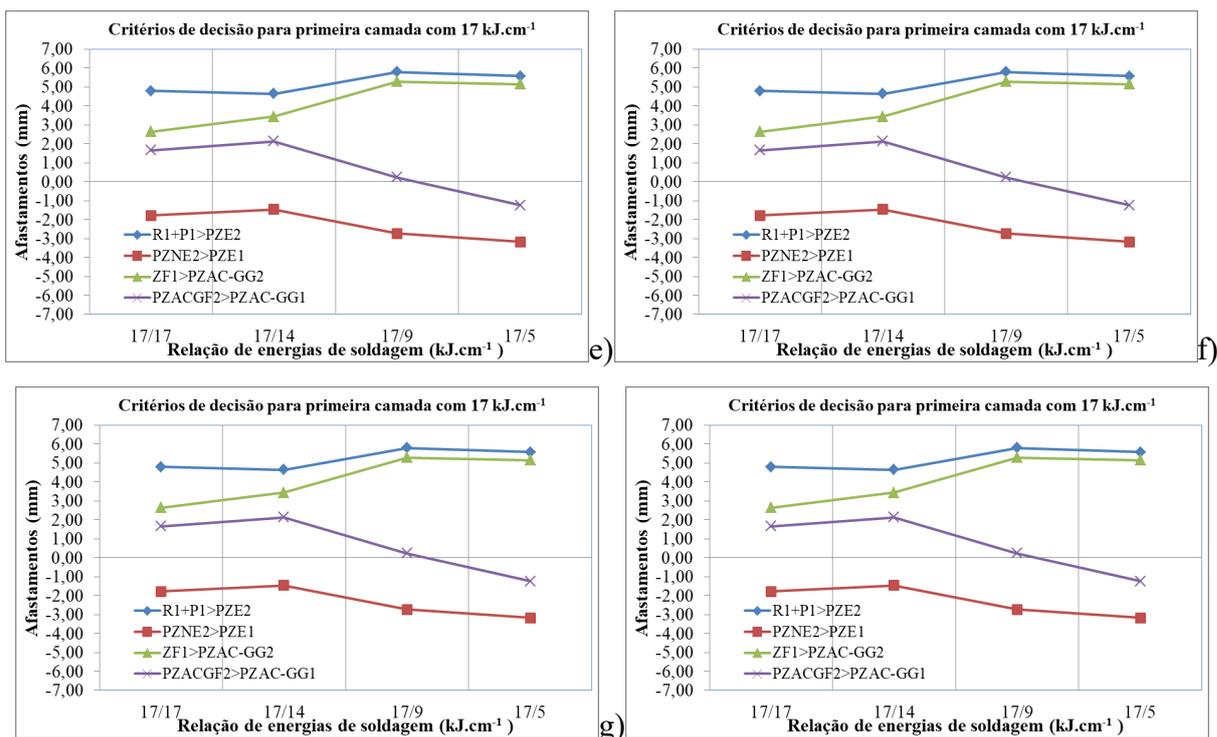
Apesar de possuírem tendências parecidas, os critérios para a escolha da energia de soldagem possuem cada um sua particularidade o que justifica a inclusão de ambos na construção do diagrama de decisão. O critério baseado na microdureza tem o objetivo de determinar as

extensões das zonas endurecidas e não endurecidas ao longo da ZAC do material com base nos perfis de microdureza e pela geometria do cordão (reforço e penetração). O critério baseado na macrografia foi desenvolvido posteriormente com intuito de proporcionar uma análise mais confiável e completa na escolha das energias e difere do anterior pela abordagem, já que é baseado nas extensões das zonas microestruturais (ZAC-GG e ZAC-GF) [8].

A definição da relação entre as energias da primeira e da segunda camada, obedecendo aos critérios de perfil do cordão baseado na microdureza e do perfil do cordão baseado na macrografia (Equações 1 a 4), foi realizada com o auxílio dos diagramas de decisão apresentados na Figura 7. Os afastamentos positivos (valores maiores que zero) indicam que o critério foi satisfeito (desde que todos os pontos para um mesmo critério e relação de energias estejam localizadas nos afastamentos positivos). Foram construídos quatro diagramas resultando em dezesseis combinações de relações de energia de soldagem.

Figura 7 - Diagrama de decisão para a energia de: a)  $5 \text{ kJ.cm}^{-1}$ , b)  $9 \text{ kJ.cm}^{-1}$ , c)  $14 \text{ kJ.cm}^{-1}$  e d)  $17 \text{ kJ.cm}^{-1}$





- Relação E1/E2 com 5 kJ.cm<sup>-1</sup> na primeira camada

A Figura 7 (a) apresenta os afastamentos para as relações com a primeira camada soldada com uma energia de 5 kJ.cm<sup>-1</sup> e a segunda camada com 5 kJ.cm<sup>-1</sup>, 9 kJ.cm<sup>-1</sup>, 14 kJ.cm<sup>-1</sup> e 17 kJ.cm<sup>-1</sup>. Observa-se que, as combinações de energia 5/14 e 5/17 kJ.cm<sup>-1</sup> apresentam afastamentos positivos para todos os critérios. Como mais de uma relação de energias foi aprovada utilizou-se o mesmo critério de Cruz [10], que delimita o critério estabelecido na Equação 1 (PZNE2 > PZE1), como processo de desempate. Neste caso a relação de energia 5/14 kJ.cm<sup>-1</sup> apresentou o maior afastamento na condição indicando uma maior capacidade da ZNE da segunda camada poder revenir a ZE da primeira camada.

- Relação E1/E2 com 9, 14 e 17 kJ.cm<sup>-1</sup> na primeira camada

As Figuras 7 (b), (c) e (d) apresentam os afastamentos para as relações com a primeira camada soldada com energia de 9, 14 e 17 kJ.cm<sup>-1</sup> e a segunda camada com 5, 9, 14 e 17 kJ.cm<sup>-1</sup>. Os diagramas mostram que a esta energia imposta na primeira camada apresenta afastamentos negativos para todas as relações de energia para o critério estabelecido na Equação 1 (PZNE2 > PZE1) significando que pode não haver um revenimento satisfatório das

zonas endurecidas. Somando-se a isto ocorre a rejeição pelo critério da macrografia conforme a Equação 3 ( $PZAC-GF2 > PZAC-GG1$ ) para as relações de energia de  $14/5 \text{ kJ.cm}^{-1}$  e  $17/5 \text{ kJ.cm}^{-1}$ .

Deve-se observar que energias muito elevadas na primeira camada e muito baixas na segunda, proporcionam uma ZAC-GG muito extensa e com um crescimento de grão excessivo na primeira camada, o que poderá reduzir a tenacidade desta região, pois o aquecimento proporcionado pela energia da segunda camada pode não ser suficiente para causar o grau de refino desejado [4, 14, 15].

Outro fator importante é que, quando a energia usada na segunda camada é baixa, as variações de temperatura causadas por essa não são suficientes para o refinamento da ZAC-GG e revenimento da região endurecida da primeira camada. A medida que são utilizados parâmetros com maior energia para segunda camada, esse problema é reduzido a partir de valores de afastamento maiores [7].

Com este resultado estas relações de energias estão descartadas para aplicação na técnica da dupla camada.

Conforme pode ser observado tem-se uma menor chance na aprovação dos critérios quando se aumenta o aporte térmico da primeira camada. Alguns estudos [4, 6 e 10] já apontavam em suas conclusões a dificuldade em revenir e refinar a região de crescimento de grão da primeira camada em virtude do aumento das medidas de penetração das zonas endurecidas.

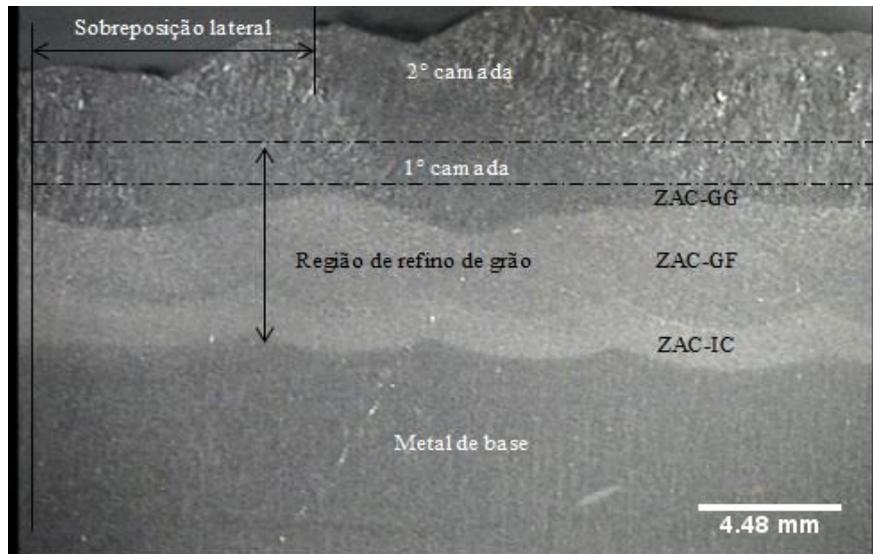
Os resultados avaliados pelos diagramas de decisão mostram que para as condições avaliadas neste trabalho a relação de energia que se mostrou mais adequada foi a relação  $5/14 \text{ kJ.cm}^{-1}$ .

### **3.3. Soldagem com Dupla Camada com Deposição sobre Chapa**

Para comprovar a eficácia da aplicação da relação de aportes térmicos e do método de seleção por diagramas de decisão avaliou-se o revenimento gerado pela técnica de dupla com a relação  $5/14 \text{ kJ.cm}^{-1}$ .

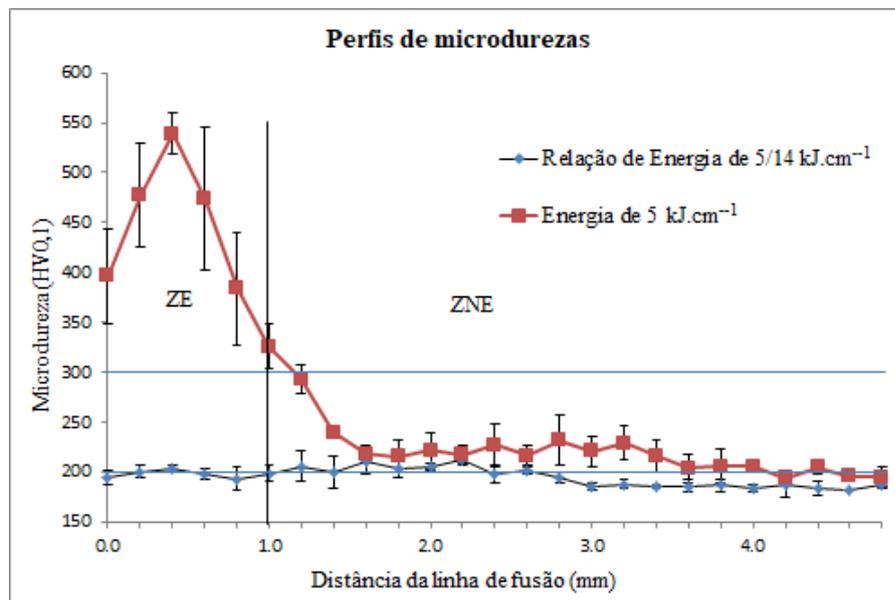
A Figura 8 apresenta a macrografia da amostra de dupla camada para a relação de energia  $5/14 \text{ kJ.cm}^{-1}$  apresentando uma possível região de refino de grão ocasionada pela dupla camada.

Figura 8 – Macrografia do cordão de solda para ensaio em dupla camada para a relação de energia de soldagem  $5/14 \text{ kJ.cm}^{-1}$



A Figura 9 apresenta os perfis de microdureza medidos a partir da linha de fusão (LF) da primeira camada (conforme apresentado na Figura 3) no corpo de prova ensaiado com  $5 \text{ kJ.cm}^{-1}$  na primeira camada e  $14 \text{ kJ.cm}^{-1}$  na segunda camada e sua comparação com a soldagem preliminar.

Figura 9 – Comparação entre os perfis de microdurezas da dupla camada com a soldagem preliminar



Observa-se que o perfil de microdureza obtido com a relação de energias  $5/14 \text{ kJ.cm}^{-1}$  não apresentou valores superiores ao que define a ZE (300 HV<sub>0,1</sub>), demonstrando a possibilidade de revenimento promovido pela dupla camada naquela região. A microdureza ficou na faixa de 200 HV<sub>0,1</sub>, bem abaixo do limite de 300 HV<sub>0,1</sub>.

O refinamento e o revenimento observado na ZAC da primeira camada se devem em parte ao passe lateral nesta mesma camada que, com uma sobreposição aproximada de 50%, alcançou sobre a ZAC-GG do passe anterior a sua ZAC-GF. Adicionalmente houve a sobreposição da ZAC-GF da segunda camada sobre a região da ZAC-GG da primeira camada, atendendo aos critérios definidos pela técnica da dupla camada que, por sua vez, diminuíram a possibilidade de uma zona endurecida a partir da formação de martensita endurecida não revenida na região [10].

Os resultados ficaram dentro do esperado e confirmam a relação de energia escolhida como adequada para a técnica da dupla camada. Vários autores [4], [10] e [11] encontraram, em seus respectivos trabalhos, resultados semelhantes para esta técnica.

#### **4. Conclusões**

Baseado nos resultados experimentais obtidos nos ensaios realizados no aço ASTM A 131 Grau AH36 com espessura de 12,5 mm soldado pelo processo GMAW com intuito de escolher a relação de energia apropriada pode-se relacionar as seguintes conclusões:

- A dimensão do reforço aumentou quando se variou a energia de 5 para  $9 \text{ kJ.cm}^{-1}$ , e para os demais aumentos do aporte térmico não se observou uma variação significativa na dimensão do reforço. Já os valores de penetração não obtiveram variação significativa para as energias de 5 e  $9 \text{ kJ.cm}^{-1}$ , porém observou-se um aumento da medida da penetração da energia de 9 para a de  $14 \text{ kJ.cm}^{-1}$ , que provavelmente ocorreu devido ao aumento do aporte térmico utilizado;
- Para todas as condições de energia de soldagem estudadas observou-se a formação de uma região endurecida ao se depositar apenas um cordão de solda, sendo que o valor de microdureza máxima e comprimento da região endurecida diminuíram com o aumento da energia de soldagem;

- Os resultados indicaram que a relação de energias de soldagem com 5/5, 5/9, 5/14 e 5/17 kJ.cm<sup>-1</sup> foram aprovadas através dos diagramas de decisão, porém a energia de 5/14 kJ.cm<sup>-1</sup> foi a que apresentou o maior afastamento no critério do perfil do cordão baseado na microdureza;
- A soldagem com dupla camada sobre chapa plana apresentou perfil de microdureza valores inferiores ao que define a ZE (300 HV<sub>0,1</sub>), demonstrando a possibilidade de revenimento ocasionado pela sobreposição dos passes promovido pela dupla camada naquela região. Os resultados ficaram dentro do esperado e confirmam a relação de energia escolhida como adequada para a respectiva técnica.

## REFERÊNCIAS

DE MEESTER, B. The weldability of modern structural TMCP steels, ISIJ International, Japan, v.37, n.6, p.537-551, Mar. 1997.

RIBEIRO, A. C. N. et al; Evaluation of AH36 microalloyed steel welded joint by submerged arc welding process with one and two wires. Materials Research, São Paulo, v. 19, n. 1, p. 143-152. 2016.

NIÑO, C.E.B. Especificação de procedimentos de reparo por soldagem sem tratamento térmico posterior – efeito do revenimento produzido pelos ciclos térmicos: 2001. 192p. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

FARIAS, J.P.; AGUIAR, W.M. Soldagem do aço ABNT 4140 sem tratamento térmico posterior, Revista Tecnologia, Fortaleza, v.24, n.1, p.26-36, Jun. 2003.

LANT, T. et al., Review of weld repair procedures for alloy steels designed to minimise the risk of future cracking, International Journal of Pressure Vessels and Piping, USA, v.78, p.813-818, Nov. 2001.

OLIVEIRA, G.L. Soldagem dissimilar dos aços AISI 8630M e ASTM A182 F22 para

aplicações subaquáticas: 2013. 228p. Tese (Doutorado) – Programa de Mestrado em Engenharia e Ciência dos Materiais, Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

BRITO, F.F.G. Avaliação da técnica da dupla camada na soldagem TIG considerando a tenacidade e características metalúrgicas de juntas de aço AISI 8630M e ASTM A182 F22: 2014. 140p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Mestrado em Engenharia e Ciência dos Materiais, Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

ANDRADE, T.C. Desenvolvimento e análise de técnicas de soldagem de reparos com deposição em dupla camada de aços inoxidáveis AWS ER309L e AWS ER347 aplicados sobre aços estruturais 2,25Cr-1Mo e 2,25Cr-1Mo-025V: 2016. 130p. Dissertação (Mestrado) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

CAVALCANTE, N.E. et al. Estudo de procedimentos de soldagem MIG/MAG para aplicação de revestimento de liga de níquel inconel 625 em aço estrutural ASTM A387 gr.11, Revista Soldagem & Inspeção, Brasil, v.21, n.1, p.70-82, Jan./Mar. 2016.

CRUZ, R.L.S. Avaliação dos efeitos da técnica da dupla camada na soldagem do aço ASTM A 516 grau 60: 2006. 114p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Mestrado em Engenharia e Ciência dos Materiais, Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

AZEVEDO, A.G.L. Aplicação da técnica da dupla camada na soldagem do aço ABNT 1045: 2002. 108p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Mestrado em Engenharia e Ciência dos Materiais, Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

HU, J. et al.; Effect of welding heat input on microstructures and toughness in simulated CGHAZ of V–N high strength steel. Materials Science and Engineering A, China, n. 577, p. 161-168. 2013.

MACHADO, I.G. Soldagem & Técnicas Conexas: Processos. Laboratório de Soldagem & Técnicas Conexas. Centro de Tecnologia. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 1996.

NIÑO, C. E. B., BUSCHINELLI, A. J. A. Análise de Alternativas de Reparo por Soldagem de Aços Cr – Mo. XXI. Encontro Nacional de Tecnologia da Soldagem. Caxias do Sul, jun. 1995.

ARRAES JÚNIOR, R. M. Avaliação da Tenacidade da ZAC na Soldagem do Aço ABNT 4340 sem Tratamento Térmico Posterior: 2001. 101p. Dissertação (Mestrado) - Programa de Mestrado em Engenharia e Ciências de Materiais, Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

---

## **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**

### **Alexandre Beluco**

Graduações em Física (1990) e Engenharia Civil (2003) pela Universidade do Rio Grande do Sul. Mestre em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (1994). Doutor em Engenharia Mecânica pela Universidade do Rio Grande do Sul (2001). Sua principal linha de pesquisa é voltada para a área de energias renováveis. Atualmente é professor da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq desde 2015.

### **Aline Luíza Simões Barreto**

Bacharela em Administração, bacharelada em Ciências Contábeis

### **Aline Villas-Bôas Silveira**

Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Administração (PPGA) da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF). Bacharela em Ciências Contábeis pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Atuou como auxiliar de pesquisa no Instituto de Pesquisas Econômicas, Administrativas e Contábeis (FACE/UFMG) e como assistente administrativa da Associação Nacional de Pós-Graduação em Administração (ANPAD).

### **Andressa Raquel Weber**

Graduanda em Engenharia de Produção na FAHOR - Faculdade Horizontina. Experiência na área de qualidade, voltada ao desenvolvimento de Sistemas de Gestão da Qualidade. Atualmente trabalha na AGCO do Brasil, na área de melhoria contínua.

### **Carlos Eduardo Batista**

Graduado em Engenharia de Produção pela Fundação de Ensino e Pesquisa de Itajubá (FEPI) em julho de 2019. Concluiu o curso de técnico em redes e informática pelo Senac-MG em 2011. Possui experiência na área de qualidade, gestão de produção, Lean manufacturing e gestão de processos. Atualmente presta serviços de consultoria para uma empresa fabricante de dispositivos de proteção para subestações e kits didáticos localizada em Itajubá/MG.

### **Carlos Otávio Dama Martins**

Engenheiro de Materiais formado pela UFRGS (2002). Mestre (2004), Doutor (2008) e Pós-Doutor em Engenharia e Tecnologia de Materiais (2010), com ênfase em Ensaio não Destrutivo e Inspeção, formado no PPG3M/UFRGS, sob orientação dos professores Telmo R. Strohaecker e Afonso Reguly. Coordenador do Laboratório de Análise de Integridade Estrutural e Professor do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais da Universidade Federal de Sergipe.

### **Catia Raquel Felden Bartz**

Doutoranda em Desenvolvimento Regional (UNIJUI/2017-2020). Possui graduação em Administração (URI/2001), Especialista em Controladoria e Finanças (URI/2005), Mestre em Gestão e Desenvolvimento Regional (UNIJUI/2007), Mestre em Contabilidade e Finanças (UNIZAR/2008). Atualmente é professora titular da Faculdade Horizontina (FAHOR) e Coordenadora do Horizonte Ambiente Empreendedor.

### **Dalton Matsuo Tavares**

possui uma formação multidisciplinar como principal característica. É Doutor em Engenharia Mecânica pela Escola de Engenharia de São Carlos, na Universidade de São Paulo, no laboratório de Engenharia Mecatrônica (EESC/USP 2010). Sua formação inclui o desenvolvimento de pesquisas voltadas a área de robótica, padrões de comunicação industrial e plataformas de controle abertas, voltadas à integração padronizada de dispositivos em ambientes de produção.

### ***Danilo de Oliveira Sampaio***

Professor Adjunto III lotado no Departamento de Ciências Administrativas (CAD) da Faculdade de Administração e Ciências Contábeis (FACC) da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF). Pós-doutorado em Administração/Comportamento do Consumidor pela Faculdade de Economia (FEP) da Universidade do Porto, Portugal. Possui doutorado em Administração (UFMG/Cepead-2012), mestrado em Administração (Universidade Estácio de Sá/2004) e graduação em Administração (UFJF-1993).

### ***Débora Paula Borges de Oliveira Cechin***

Graduação em Administração pelo Centro de Ensino Superior de Catalão (2009). Pós-graduada em Gestão Estratégica da Produção pela Universidade Federal Goiás (2012) e em Engenharia da Qualidade pela Universidade Candido Mendes (2016). Sua principal linha de pesquisa é voltada para a área da manufatura enxuta. Atualmente é professora do Instituto Tecnológico Aguinaldo de Campos Netto e tutora presencial do Polo da Universidade Anhanguera.

### ***Demostenes Ferreira Filho***

Graduação em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal de Uberlândia (2004). Mestre em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal de Uberlândia (2006). Doutor em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal de Uberlândia (2006). Suas principais linhas de pesquisa são voltadas para as áreas de processos de soldagem, corrosão e metalurgia da soldagem. Atualmente é Professor em Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Goiás.

### ***Dênis Mateus de Paiva***

Mestre em Economia, especialista em Gestão Financeira e Controladoria, bacharel em Administração, Ciências Contábeis e Ciências Econômicas. Analista de Inteligência Educacional na Excelsior Educação Corporativa, professor na UNISEPE.

### ***Elton Gimenez Rossini***

Professor adjunto da Universidade Estadual do Rio Grande do Sul. Possui graduação em Física pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS - 1993), mestrado em Engenharia Mecânica (1997) e doutorado (2002) em Engenharia pelo Programa de pós-graduação em Engenharia Mecânica - PROMEC/UFRGS. É líder do Grupo de Pesquisa em Sistemas de Energias Renováveis, com trabalhos nessa linha de pesquisa.

### ***Fábio Augusto Dornelles do Amaral***

Graduação em Engenharia Metalúrgica pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (2005). Mestre em Engenharia Metalúrgica pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (2008). Doutor em Engenharia dos Materiais pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (2015). Sua principal linha de pesquisa é voltada para a área da usinagem. Atualmente é professor da Universidade Federal do Rio Grande (FURG).

### ***Felipe Eduardo Fernandes***

Graduando em Engenharia de Produção na FAHOR – Faculdade Horizontina. Experiência na área de logística, voltado para a área de introdução de novos produtos e melhoria de fábrica. Atualmente trabalha na Agco do Brasil, na área de Engenharia Logística.

### ***Felipe Tomm***

Graduado em Ciências da Computação pela Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões (URI) câmpus Frederico Westphalen; Sócio proprietário e Desenvolvedor de Software na Master Soluções em GSI LTDA.

### ***Fernando Zarth***

Graduando Engenharia de Produção na FAHOR - Faculdade Horizontina. Técnico em Eletrônica pelo IUB - Instituto Universal Brasileiro (2006). Atualmente trabalha na empresa John Deere Horizontina.

### **Frederico Sporket**

Possui graduação em Engenharia Mecânica pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos (1998) e mestrado em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (2001). Atualmente é professor nos cursos de Engenharia de Produção e Gestão da Qualidade da Fundação Educacional Encosta Inferior do Nordeste - FACCAT e professor da Fundação Escola Técnica Liberato Salzano Vieira da Cunha no Curso Técnico de Mecânica.

### **Gleice Santana Moraes**

Analista de Promoção Social no Serviço Nacional de Aprendizagem do Cooperativismo (Sescoop). Mestre em Administração pela Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF). Bacharela em Cooperativismo pela Universidade Federal de Viçosa (UFV).

### **Gustavo dos Santos Leal**

Doutorando em Engenharia de Produção UNIFEI. Mestre em Administração UFJF. Possui graduação em Ciências Econômicas pela UFJF (2010) e especialização em Métodos Estatísticos Computacionais pela UFJF (2014). Membro do Grupo de Pesquisa "Desenvolvimento, Sustentabilidade, Comportamento e Organizações" (DESCOR) e do Grupo de Pesquisa Métodos Estatísticos e Inferenciais em Modelos Estatísticos. Atua nas áreas de Economia e Administração.

### **Janyel Trevisol**

Graduação em Engenharia de Produção pela Sociedade Educacional Três de Maio - SETREM (2013). Pós-graduação em Manufatura Enxuta e Sistemas de Qualidade pela Faculdade Horizontina - FAHOR (2016). Sua principal linha de pesquisa é voltada para a área de melhoramento de processos e garantia da qualidade. Atualmente possui o cargo de Analista de Melhorias em uma empresa metal-mecânica situada no noroeste do Rio Grande do Sul.

### **Jorge Luis Braz Medeiros**

Graduação em Engenharia Metalúrgica (UFRGS - 1999). Mestre em Ciência e Tecnologia dos Materiais (UFRGS - 2001). Doutor em Ciência e Tecnologia dos Materiais (UFRGS - 2015). Suas principais linhas de pesquisa são voltadas para as áreas de processos de tratamentos térmicos, materiais mecânicos, engenharia de superfície, análise de falha e metalurgia da soldagem. Atualmente é Professor em Engenharia Mecânica, Produção e PPMEC na Universidade Federal do Rio Grande - FURG.

### **José de Souza**

Possui Mestrado e Doutorado em Engenharia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Possui Graduação em Tecnologia da Automação Industrial e Formação Pedagógica Docente em Mecânica/Automação pela UFRGS. É membro do Conselho Editorial da Revista Liberato e revisor de periódicos. É docente do Curso de Engenharia de Produção nas Faculdades Integradas de Taquara (FACCAT) e no Curso Técnico de Mecânica da Fundação Liberato (FETLSVC).

### **Juliana Helena Daroz Gaudencio**

Doutora em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI- 2019). Mestre em Engenharia de Produção (UNIFEI-2015). Graduada em 2010 em Engenharia de Controle e Automação na mesma instituição. Possui experiência na área de Planejamento da Qualidade, Engenharia de Confiabilidade e Otimização de Processos. Atualmente é professora adjunta da Universidade Federal de Itajubá vinculada ao Instituto de Engenharia de Produção e Gestão (IEPG).

### **Kátia Flávia Torres de Lima**

Bacharel em administração

### **Lucas Tilvitz Backes**

Graduando Engenharia de Produção na FAHOR - Faculdade Horizontina. Técnico em Informática pelo CFJL - Centro Tecnológico Frederico Jorge Logemann (2014). Atualmente é auxiliar administrativo na concessionária SLC Máquinas de Horizontina.

### **Leandro Macedo Cozza**

Graduação em Engenharia Química pela Universidade Federal do Rio Grande (2002). Graduação em Engenharia Mecânica Empresarial pela Universidade Federal do Rio Grande (2009). Mestre em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal do Rio Grande (2018). Suas principais linhas de pesquisa são voltadas para as áreas de soldagem, revestimentos cerâmicos e corrosão de materiais metálicos. Atualmente é doutorando em Ciência e Engenharia de Materiais da Universidade Federal de Pelotas.

### **Luciano Volcanoglo Biehl**

Graduação em Engenharia Metalúrgica pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (1996), Mestrado (1998) e Doutorado (2002) em Ciência dos Materiais pelo Curso de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica e dos Materiais da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Suas principais linhas de pesquisa são para as áreas de Metalurgia do Pó, Corrosão e Tratamentos Térmicos. Atualmente é Professor e coordenador de Pós-Graduação da Universidade Federal do Rio Grande.

### **Lupércio França Bessegato**

Graduação em Engenharia Elétrica (EEL - 1976), Mestrado em Estatística (UFMG - 2001), Doutorado em Estatística (UFMG - 2009). Professor Adjunto IV do Departamento de Estatística, pertencente ao Corpo Docente do Bacharelado em Estatística e Membro do Corpo Docente Permanente dos Programas de Pós-Graduação em Administração (Mestrado Acadêmico), da Faculdade de Administração e Ciências Contábeis, e em Educação Matemática (Mestrado Profissional), do Instituto de Ciências Exatas, ambos da UFJF.

### **Marcos Fernando da Silva Junior**

Graduação em Engenharia Mecânica pela Universidade Anhanguera do Rio Grande (2016). Mestre em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal do Rio Grande (2019). Qualificado no processo SMAW (Bureau Veritas). Sua principal linha de pesquisa é voltada para a área de processo de soldagem e matérias.

### **Pedro José Papandrea**

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.

### **Rodrigo Borges Ribeiro**

Graduação em Engenharia pela Faculdades Integradas de Taquara (2015). MBA em Comportamento Humano nas Organizações pela Faculdades Integradas de Taquara (2015). Tem experiência na área de Engenharia de Produção. Atualmente exerce a função de Coordenador de Projetos de Moldes na área industrial.

### **Sirnei Cesar Kach**

Graduação em engenharia de produção na FAHOR em 2012. Mestrado na UFSM em agricultura de precisão, na linha de pesquisa em projeto de produto em 2014. Experiência em gerencia industrial de diferentes segmentos, sócio em empresa de consultoria. Principal área de pesquisa estudo e dedicação são áreas da qualidade, processos e aplicação de conceitos lean manufacturing. Atualmente coordenador e professor do curso da engenharia de produção da FAHOR.

---

### ***Stella Jacyszyn Bachega***

Possui doutorado (2013) e mestrado (2006) em Engenharia da Produção na Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), e graduação (2005) em Administração pela Universidade Federal de Lavras (UFLA). Realiza pesquisas que proporcionem abordagens transversais envolvendo duas ou mais das seguintes áreas: administração de setores específicos, engenharia de produção, computação, ambiental, estatística e automação. Ainda, é líder do Grupo de Estudos em Modelagem e Simulação - GEMS.

### ***Thiago Pouza Mussolini***

Doutor em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI-2019). MBA Executivo (UNIFEI-2014). Mestre em microeletrônica (UNIFEI-2011). Graduado em 2008 em Engenharia de Controle e Automação na mesma instituição. Possui experiência na área de projetos de circuito integrado digital e FPGA. Atualmente é professor dos cursos de Engenharias no Centro Universitário de Itajubá – FEPI.

### ***Victor Cláudio Paradela Ferreira***

Doutor em Administração e Mestre em Administração Pública pela Fundação Getúlio Vargas (EBAPE/RJ) e Especialista em Formação de Recursos Humanos para o Ensino a Distância (Universidade Castelo Branco - RJ). Professor da Faculdade de Administração e Ciências Contábeis (FACC) da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF).

