



# GESTÃO DA PRODUÇÃO EM FOCO

# 29



Editora Poisson

Editora Poisson

# Gestão da Produção em Foco Volume 29

1ª Edição

Belo Horizonte  
Poisson  
2019

Editor Chefe: Dr. Darly Fernando Andrade

Conselho Editorial

Dr. Antônio Artur de Souza – Universidade Federal de Minas Gerais

Ms. Davilson Eduardo Andrade

Dr. José Eduardo Ferreira Lopes – Universidade Federal de Uberlândia

Dr. Otaviano Francisco Neves – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais

Dr. Luiz Cláudio de Lima – Universidade FUMEC

Dr. Nelson Ferreira Filho – Faculdades Kennedy

Ms. Valdiney Alves de Oliveira – Universidade Federal de Uberlândia

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

G393

**Gestão da Produção em Foco - Volume 29/  
Organização Editora Poisson - Belo  
Horizonte - MG: Poisson, 2019  
247p**

**Formato: PDF**

**ISBN: 978-85-7042-038-1**

**DOI: 10.5935/978-85-7042-038-1**

**Modo de acesso: World Wide Web**

**Inclui bibliografia**

**1. Gestão 2. Produção. 3. I. Título**

**CDD-658**

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos seus respectivos autores.

Baixe outros títulos gratuitamente em [www.poisson.com.br](http://www.poisson.com.br)  
[contato@poisson.com.br](mailto:contato@poisson.com.br)

# Sumário

<b>Capítulo 1:</b> Mapeamento e análise dos fluxos logísticos do processo de produção de produtos de higiene pessoal visando a melhoria contínua.....	<b>7</b>
Jessica Chaves Domingues, Valnei Carlos Denardin, Paulo Roberto May, Jose Roberto de Barros Filho, Ana Regina de Aguiar Dutra	
<b>Capítulo 2:</b> Condomínios logísticos como estratégia de redução de custos na distribuição de bens aos clientes.....	<b>18</b>
Haroldo Macedo Fontoura	
<b>Capítulo 3:</b> Melhoria no fluxo logístico de descarte de resíduos e reutilização de insumos: um estudo de caso.....	<b>31</b>
Mario Fernando de Mello, Luiza Antônia Cunha, Nilson Josimar da Silva , Roberto Martins	
<b>Capítulo 4:</b> A importância do gerenciamento de estoque: Um estudo de caso sobre gargalos encontrados em um supermercado de Araguaína –Tocantins.	<b>44</b>
Diogo Gomes de Almeida da Silva, Lylyyan Appollyana Nercilia Martins, Thais Sousa Almeida	
<b>Capítulo 5:</b> Estudo para redimensionamento de buffer em uma empresa do setor metal mecânico.....	<b>55</b>
Mario Fernando de Mello, Scarlet Hartmann da Silveira, Lucas Ozonio Moreira de Ataide, Gabriel Cargnin Stieler	
<b>Capítulo 6:</b> previsão de consumo de energia elétrica utilizando a metodologia Box-Jenkins.....	<b>65</b>
Elyrouse Cavalcante de Oliveira Bellini, Márcio Nunes da Silva, Wilton Bernardino da Silva, Valdemir Silva	
<b>Capítulo 7:</b> Dimensionamento de um sistema fotovoltaico e análise de investimento para o instituto Centro de Ensino Tecnológico.....	<b>77</b>
Natanael Fernandes Macêdo Junior, Flávio Mendonça Bezerra, Francisca Jeanne Sidrim de Figueiredo, Frederico Romel Maia Tavares, Antonio Luis Araujo Silva, João Batista Mendes Barbosa	

# Sumário

<b>Capítulo 8:</b> Ajuste automático de modelos ARCH/GARCH por meio da meta-heurística firefly.....	<b>88</b>
Levi Lopes Teixeira, Samuel Bellido Rodrigues, Tásia Hickmann, Jairo Marlon Corrêa, Edgar Manoel Carreño Franco	
<b>Capítulo 9:</b> Proposta de um modelo matemático para o problema de programação de equipes de manutenção industrial em uma empresa de óleo e gás.....	<b>98</b>
Thomas Edson Viana de Souza Coelho, Edwin Benito Mitacc Meza, Dalessandro Soares Vianna	
<b>Capítulo 10:</b> Simulação de processos aplicada às pequenas empresas – estudo de caso.....	<b>107</b>
Mari Tomita Katayama, João Carlos Martins Coelho, Henrique Jun Muramatsu Seguchi	
<b>Capítulo 11:</b> Impacto da gestão de riscos em projetos de desenvolvimento de software: Um estudo em uma software house multinacional.....	<b>116</b>
Jefferson de Souza Pinto, Jeferson Tadeu de Lima, Felipe Takeshi Ishizu, João Antonio Aparecido Cardoso, Olívio Novaski	
<b>Capítulo 12:</b> Análise de harmônicos em universidade utilizando técnicas de mineração de dados.....	<b>126</b>
Waterloo Ferreira da Silva, Maria Emilia de Lima Tostes	
<b>Capítulo 13:</b> A aplicação de sistemas ciber-físicos (CPS) em sistemas de manufatura: Um estudo bibliométrico.....	<b>139</b>
Maiara Amanda Vieira, Fernando Mercuri Nicola, Milton Vieira Junior, Alexandre Tadeu Simon, Ivan Correr	
<b>Capítulo 14:</b> Aplicação do estudo de tempos e movimentos em uma empresa de beneficiamento de açaí em Belém-PA.....	<b>150</b>
Ana Caroline Cardoso Caldeira, Bernardo Garcia Nunes Rosa, Lucas Moraes Pamplona Martins, Pedro Cunha Bastos Mathias, Andre Clementino de Oliveira Santos	
<b>Capítulo 15:</b> Aplicação do Throughput Diagram: Uma ferramenta de análise das decisões de Planejamento e Controle da Produção.....	<b>165</b>
Tatiana Kimura Kodama, Fernando José Gómez Paredes, Moacir Godinho Filho	

# Sumário

<b>Capítulo 16:</b> Projeto e desenvolvimento de um novo produto: aplicador eficiente de loção capilar.....	<b>179</b>
Amanda Queiroz de Moraes, Millayne Nogueira Medeiros, Wellerson Melo Mota; João Paulo Rocha Pereira, Iago Bezerra Pereira	
<b>Capítulo 17:</b> Implementação da estratégia da modularização de produtos: Estudo de caso em uma empresa fabricante de eletrodomésticos.....	<b>191</b>
Rogério Camargo Benez, Maria Rita Pontes Assumpção, Mariana Stefanelli Pettan	
<b>Capítulo 18:</b> Análise do potencial de implementação do e-commerce para uma loja de calçados em Parintins-AM.....	<b>202</b>
Alice Nascimento Teixeira Rocha, Brunna Michaela Queiroz Góis, Gabriel de Moura Reis, José Cláudio Trindade Simões, Rute Holanda Lopes, Talita Micaela Rodrigues Moraes	
<b>Capítulo 19:</b> Desenvolvimento de um modelo de negócio, aplicando os conceitos de Design Thinking e Startup Enxuta.....	<b>211</b>
Guilherme Calderucio Duque Estrada, Ricardo Miyashita, Diego Cesar Cavalcanti de Andrade	
<b>Capítulo 20:</b> Sustentabilidade ambiental nas indústrias de processamento de resíduos de origem animal.....	<b>221</b>
Camilo Freddy Mendoza Morejon, Nathalia Vitoria Lima Morejon	
<b>Autores</b> .....	<b>234</b>

# Capítulo 1

## MAPEAMENTO E ANÁLISE DOS FLUXOS LOGÍSTICOS DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE PRODUTOS DE HIGIENE PESSOAL VISANDO A MELHORIA CONTÍNUA

*Jessica Chaves Domingues*

*Valnei Carlos Denardin*

*Paulo Roberto May*

*Jose Roberto de Barros Filho*

*Ana Regina de Aguiar Dutra*

**Resumo:** o presente trabalho teve como objetivo principal analisar e propor melhorias nos fluxos logísticos do processo de produção de uma empresa do setor de higiene pessoal, localizada na região da Grande Florianópolis, que necessitava melhorar seu desempenho no atendimento dos pedidos, eliminar desperdícios, e aumentar sua produtividade para manter-se competitiva no mercado. Para isso foram aplicados os conceitos e ferramentas da manufatura enxuta, entre elas o mapeamento do fluxo de valor (MFV). O MFV é uma ferramenta que permite as empresas visualizarem seus desperdícios e buscar melhorias no fluxo de valor. através da aplicação das ferramentas foi possível levantar dados que demonstraram para uma família de produtos reduzir os estoques em processos, redução de desperdícios de produção, diminuindo desta forma o lead time da empresa, proporcionando que ela entregue seus produtos na hora certa e com custos menores, garantindo a satisfação dos clientes.

**Palavras-chave:** Manufatura enxuta. Mapeamento do fluxo de valor. Higiene pessoal.

## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil atualmente é o quarto maior mercado do mundo consumidor dos produtos de higiene pessoal, perfumaria e cosméticos. Segundo a Associação Brasileira da Indústria de Higiene Pessoal, Perfumaria e Cosméticos (2018), o consumidor vê os produtos do setor como essenciais e indispensáveis, pois previnem doenças, proporcionam bem-estar, fortalecem a autoestima, e ajudam no relacionamento social. O setor cresceu 2,75% em 2017 mesmo com o forte impacto do peso tributário.

Nesse contexto, as empresas buscam cada vez mais identificar as perdas de seus processos a fim de eliminá-las ou reduzi-las, aumentando assim a eficiência de seus processos produtivos, garantindo uma maior lucratividade e competitividade no mercado. Para alcançar tais objetivos, Paredes-Rodríguez (2017) salienta que as ferramentas da manufatura enxuta é uma aliada para que os ambientes de negócios se posicionem como metodologias claras e eficientes para otimização de processos em qualquer tipo de empresa.

A manufatura enxuta é uma das principais estratégias competitivas, estando diretamente ligada a produtividade, melhoria nos resultados e aumento dos lucros através da redução de perdas e do desperdício, além do envolvimento de todos da empresa na busca de melhorias. Dentro das ferramentas e métodos que podem garantir maior eficiência da produtividade, através da redução dos desperdícios no processo de melhoria contínua, é o Mapeamento do Fluxo de Valor.

O Mapeamento de Fluxo de Valor/ MFV é uma ferramenta que busca auxiliar a implantação da manufatura enxuta, mapeando o processo produtivo, que possibilita um maior conhecimento dos fluxos de informações e de materiais dentro de uma empresa. Com ele é possível identificar quais etapas agregam ou não valor ao produto, bem como propor melhorias de processos e visualizar onde é possível aplicar ferramentas da melhoria contínua para redução de desperdícios e propor um sistema de fluxo com mais eficiência para o futuro. Jangid et al (2016) corroboram ao reforçar que nos últimos anos, o mapeamento do fluxo de valor surgiu como a maneira preferida de apoiar e implementar a abordagem enxuta, buscando identificar as áreas de desperdício e melhoria nas empresa. Foi o que obtiveram Lacerda e sua equipe,

em 2015, com a aplicação do MFV em um processo de produção de peças automotivas para uma grande empresa automotiva, onde conseguiram diminuir o tempo de ciclo produtivo e o a força de trabalho.

O objetivo geral deste trabalho consiste em realizar um diagnóstico dos fluxos logísticos do processo de produção de produtos de higiene pessoal, utilizando a ferramenta do mapeamento do fluxo de valor para identificar o estado atual e constituir uma situação ideal (futura) através de um diagnóstico e análise do fluxo logístico interno, procurando identificar e descrevendo todas as atividades.

Ao realizar o mapeamento dos fluxos logísticos na empresa em questão, aplicando a ferramenta do Mapeamento do Fluxo de Valor para implantar melhorias, o estudo encontra justificativa nos resultados positivos e uma oportunidade para implementar mudanças operacionais que contribuiram para melhorar o processo produtivo da empresa. A justificativa aqui apresentada se fundamenta também em pesquisas internacionais, como aquelas desenvolvidas por Rohani e Zahraee (2015), Sunka et al (2016), Jangid et al (2016), Garza-Reyes et al (2018), que afirmam a importância do MFV como ferramenta para melhorar os sistemas de produção, com destaques para o aumento sistemáticos de produtividade, redução de lead time e, ainda, melhorar os indicadores de sustentabilidade dos fluxos de valor.

Os benefícios de realizar um mapeamento dos processos é a identificação de gargalos, conhecer os pontos fortes e fracos de todo processo produtivo, responsáveis pelos desempenhos da produção, que poderão ser demonstrações de limitações nos processos gerenciais e que comprometem os resultados dificultando a obtenção de metas e objetivos a serem alcançados pela empresa.

A empresa em estudo almeja aumentar suas vendas, para que isso seja possível, necessita melhorar seus processos produtivos de maneira que atenda os prazos de entrega dos pedidos e que os produtos apresentem qualidade esperada pelo cliente. É necessário ter um planejamento de produção bem organizado, que saiba quanto e quando produzir para atender todos os clientes e cumprir os prazos prometidos. Sendo assim, o presente trabalho se propõe a responder a seguinte pergunta: através do Mapeamento do Fluxo de Valor e com o auxílio das

ferramentas da produção enxuta é possível reduzir o tempo de entrega dos produtos?

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 MAPEAMENTO DE PROCESSOS

Processo é um agrupamento sequencial e ordenado de etapas a serem executadas para transformar insumo (entrada) em algo útil (saída), fazendo uso de recursos da organização e atendendo as especificações pretendidas (WILDAUER, 2015).

Lage Junior (2016, p.46) afirma que o mapeamento de processos identifica de maneira simples o funcionamento da operação, permitindo uma visão comum do sistema produtivo para os colaboradores e uma partida para diversas possibilidades de melhorias.

Segundo Wildauer (2015, p. 53) “o mapeamento de processos permite ao gestor enxergar diversos pontos que interferem no funcionamento do processo: positivos (fortes), negativos (fracos), de gargalos (críticos), de retrabalho, de alto custo, de demora, de falha, de ociosidade e outros”. Assim, mapear um processo facilita a implementação de melhorias e aumento do desempenho.

Portanto, mapeamento de processo é uma ferramenta administrativa que tem como propósito identificar um conjunto de atividades e descrevê-las de forma a visualizar e entender o funcionamento de cada processo. O resultado permitirá aplicar melhorias ao processo existente ou sugerir uma nova forma para seu funcionamento.

### 2.2 MANUFATURA ENXUTA

A manufatura enxuta é uma estratégia de produção focada na diferenciação, realizadas por práticas do Sistema Toyota de Produção, e que tem por finalidade melhorar continuamente o sistema produtivo eliminando atividades que não agregam valor ao cliente (TUBINO, 2015). O pensamento enxuto, apontado por Womack e Jones, em 2004, já trazia a preocupação de atender as necessidades do cliente, com eficácia e qualidade, através da eliminação dos desperdícios ao longo do fluxo de valor, respeitando os cinco princípios básicos: valor, fluxo de valor, fluxo, produção puxada e perfeição.

A abordagem enxuta tem como foco o cliente e suas necessidades, pois busca enxergar o valor dos produtos para depois desenvolver o seu processo de fabricação. O valor é o que o cliente está disposto a pagar, sendo que a necessidade gera o valor. Assim cabe às empresas identificarem as necessidades de seus clientes para satisfazê-los e cobrar um preço específico. Stadnicka e Litwin (2018) em seus estudos afirmam também que as empresas precisam atender aos requisitos dos clientes em relação à qualidade do produto e ao prazo de entrega, com um custo mínimo. A satisfação por aquele que tem sua necessidade suprida será o real valor do produto.

O fluxo de valor é formado por um conjunto de ações que agregam diretamente valor ao produto e as que não são percebidas, que não agregam valor ao produto. Essas são geralmente os desperdícios ou mudas (WOMACK e JONES, 2004; DESHKAR et al, 2018). O fluxo de valor se comporta como o caminho a ser percorrido pelas informações e matérias-primas em conjunto com as atividades necessárias no processo, atendendo assim os desejos dos clientes. Pode ser da concepção até o lançamento do produto, do pedido até a entrega ou da matéria prima até o consumidor.

### 2.3 MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR

Para melhorar os processos é necessário o uso de ferramentas, o mapeamento do fluxo de valor viabiliza uma visão geral dos processos pela identificação de quais etapas que agregam e não agregam valor, eliminando desperdícios ao longo do fluxo. Tem como objetivo dar início ao processo de transformação enxuta em uma empresa e após identificados todos os fluxos e processos, busca desenvolver um plano de ação para implantar as melhorias para construir um novo processo com mais produtividade, qualidade, agilidade e menos custos (ROTHER ; SHOOK, 2003). Deshkar et al (2018) reforça que o MFV é o único processo que inclui os fluxos atuais e futuros dos processos da empresa e, ainda, ajuda a estabelecer uma relação entre eles, objetivando eliminar desperdícios.

Para Wildauer (2015) trata-se de uma ferramenta para mapear o sistema produtivo a fim de ajudar a entender e compreender seu funcionamento, o caminho do fluxo de trabalho, os equipamentos, as pessoas envolvidas no processo e a lógica do caminho

de peças e informações por todo o sistema. Além de permitir durante o mapeamento a descoberta de novas informações que podem ser adicionados para melhorar o sistema.

As vantagens da utilização desta ferramenta segundo Rother e Shook (2003) são:

- 1 - Visualização dos processos individuais;
- 2 - Identificar os desperdícios e suas fontes;
- 3 - Fornece uma linguagem comum para tratar os processos de manufatura;
- 4 - Facilita a tomada de decisões sobre o fluxo;
- 5 - Aproxima conceitos e técnicas enxutas, evitando a implementação de ferramentas isoladas;
- 6- É a base para o plano de implantação da Mentalidade Enxuta;
- 7- Apresenta a relação entre o fluxo de informação e o fluxo de material;
- 8- É uma ferramenta qualitativa que direciona qual o caminho para a unidade produtiva operar em fluxo.

Whidauer (2015, p.95) o MFV apresenta dois tipos de mapa:

■ Mapa do estado atual: que simboliza o funcionamento dos atuais processos que formam a cadeia de valor do sistema e do fluxo atual de informação, equipamentos, pessoas e de todos os elementos da linha de produção;

■ Mapa do estado futuro: que representa a inclusão dos conhecimentos dos gestores ao desenhar e as estratégias organizacionais e específicas de cada setor, dos elementos que compõem as linhas de produção, das melhorias passíveis de implementação a um plano de ação;

### 3 MÉTODO DE PESQUISA

Este trabalho quanto à natureza é uma pesquisa aplicada, que tem por finalidade gerar conhecimentos para aplicação prática e contribuir para a solução de problemas nas

organizações (SILVA; MENEZES, 2005). Quanto à abordagem do problema é classificada como qualitativa, pois se realizou a coleta de dados e análise simultaneamente com estudo do ambiente da pesquisa. De acordo com os objetivos da pesquisa se classifica como exploratória. Em relação aos procedimentos técnicos é classificado como um estudo de caso, por realizar um mapeamento dos processos e dos fluxos de informações e materiais de uma empresa, através da construção de hipóteses para melhorias contínuas, descrevendo e identificando fatores que interferem no desempenho da produção.

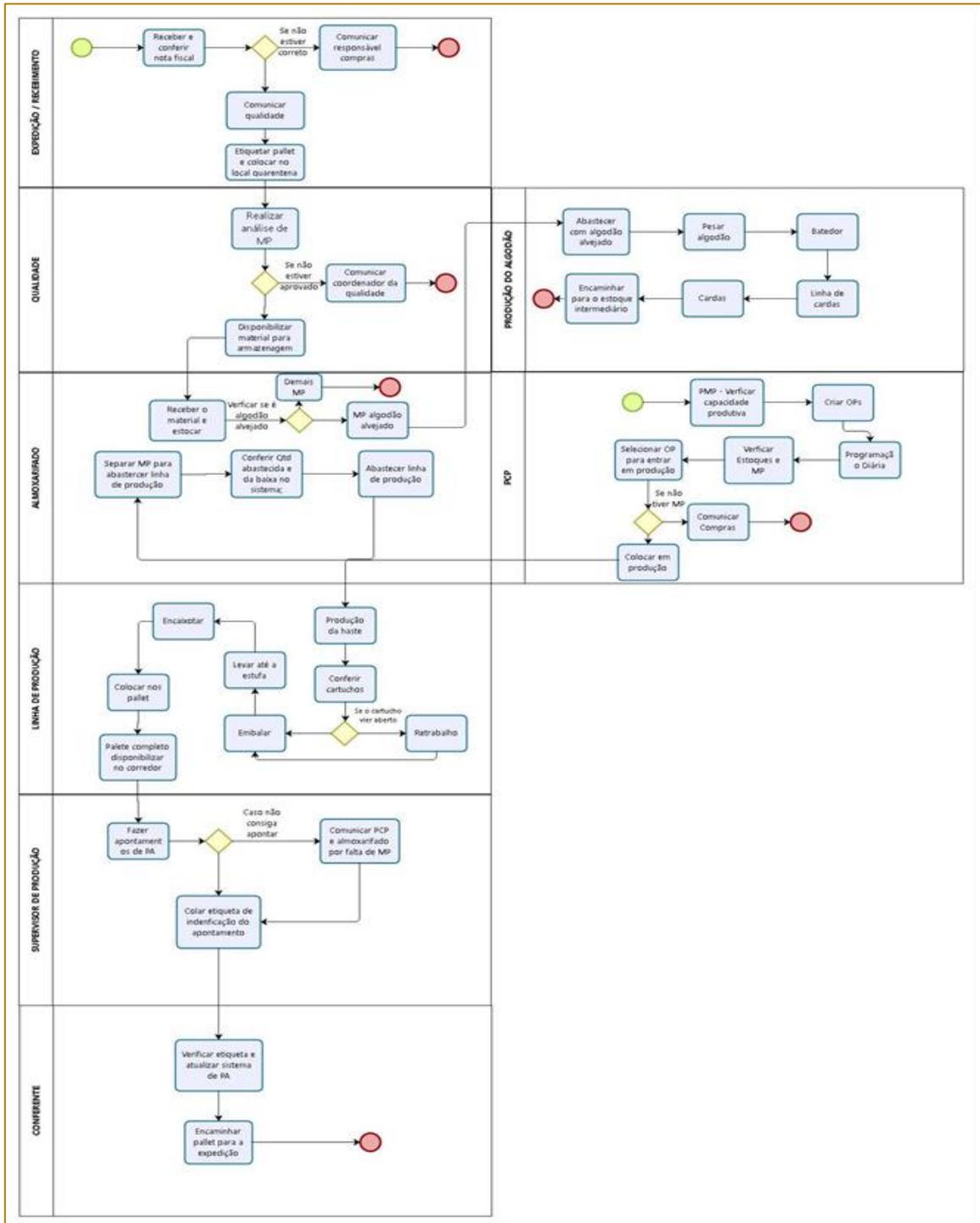
A coleta de dados se deu a partir de documentos da empresa sobre a demanda dos produtos, para identificar a família de produtos de maior relevância para a empresa e de que forma estão organizadas as informações e dados dos processos; entrevistas com os colaboradores da empresa para melhor entendimento dos processos e de suas atividades e observação direta do chão de fábrica dos fluxos de materiais, pessoas e informações.

Na construção do MFV foram considerados para os processos produtivos dois turnos de produção com 8 horas de trabalho. Já para os tempos de estoque de produto acabado foram considerados o funcionamento da expedição e demais setores da empresa, de segunda à sexta-feira em horário comercial das 8 horas às 12 horas e das 13 horas às 18 horas.

### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente realizou-se um diagnóstico do fluxo logístico interno da empresa em estudo, identificando e descrevendo todas as atividades, desde o recebimento das matérias-primas até o produto acabado, sendo armazenado na expedição. O mapa com a descrição de todo o fluxo dos processos logísticos internos e de informações encontram-se na figura 1 a seguir.

Figura 1 - Mapa dos processos logísticos internos.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2018.

Na próxima etapa será necessário definir qual a família de produtos que passará pelo processo de mapeamento. Fazendo uma análise de importância das famílias do ponto

de vista de volume de vendas e de seu faturamento, como pode ser observado na figura 2.

Figura 2- Comparação do volume de vendas e o faturamento entre as famílias de produtos



Fonte: Elaborado pelos autores, 2018.

Ao analisar a figura 2, observa-se que o faturamento da haste flexível representa 49% da produção, enquanto que o volume de vendas é de 47%, um percentual maior. Desta forma, o estudo de caso foi aplicado a família de produto da haste flexível, produto de maior valor para a empresa, o que resulta em ganhos maiores.

Conforme as observações realizadas e o acompanhamento dos processos produtivos, elaborou-se o mapeamento do fluxo de valor da família de produto da haste flexível. O mapa do fluxo de valor do estado atual da haste automática cartucho está apresentado na figura 3.

No mapa atual do fluxo de valor da haste cartucho tem-se um lead time de produção de 79,19 dias e um tempo de processamento de 13.017,39 segundos ou 0,15 dias. O setor do PCP faz o planejamento mestre de produção para o mês corrente, com base nos últimos três meses e previsões compartilhadas pelo comercial, criando as ordens de produção no sistema ERP, para que o setor de compras realize a cotação do fornecimento das matérias-primas junto aos fornecedores. Todos os dias no período da manhã são recebidas as matérias-primas na empresa, sendo que o tempo de entrega para uma matéria prima é de 15 a 30 dias. Assim é recebida uma única remessa no mês de uma determinada matéria-prima com a quantidade necessária para a demanda do mês.

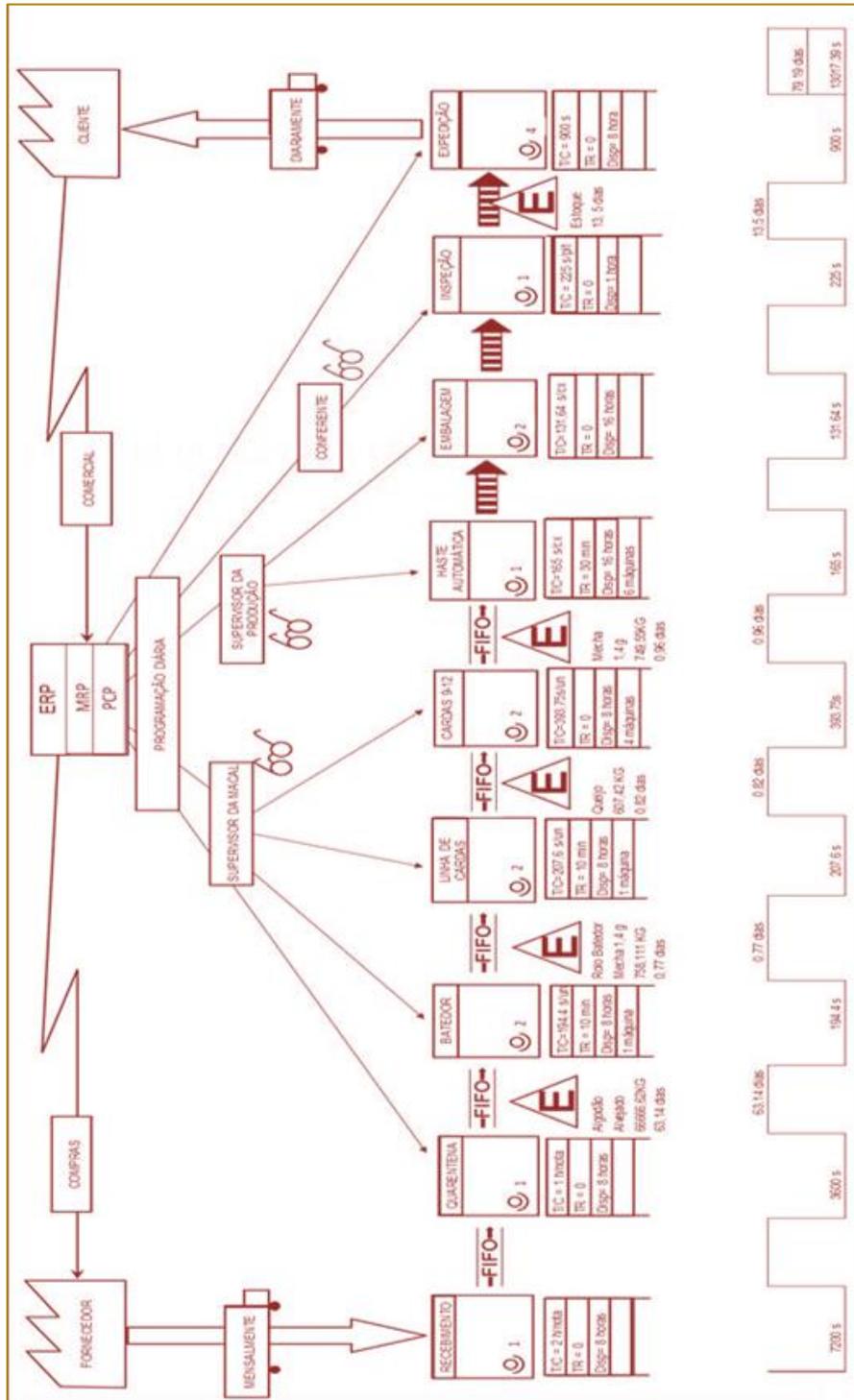
A primeira etapa do processo mapeado foi o recebimento das matérias-primas, as quais são conferidas e enviadas ao local de

quarentena, para teste de qualidade. Entre essas duas etapas do processo não há estoque, geralmente o teste é realizado no mesmo dia de recebimento, e logo em seguida já é encaminhada ao almoxarifado para o estoque. Para este mapa foi considerado a matéria prima principal, o algodão, pois é transformado na empresa, ao contrário das demais matérias-primas que após passarem pelo teste de qualidade já estão disponíveis para o uso.

O algodão alvejado é alocado no estoque até dar início ao processo de transformação para formar o algodão mecha de 1,4g. Esta etapa já conta com um estoque, assim como as etapas seguintes como batedor, linha de cardas, cardas e estoque intermediário. Já o estoque intermediário conta com 11 gaiolas com capacidade de armazenagem de aproximadamente 313,5 kg cada, ou seja, um total de aproximadamente 3448,5 kg.

Atualmente o consumo diário de algodão mecha 1,4g, empregando 6 máquinas, em dois turnos de produção é de 783,75 kg. Já a capacidade produtiva da macal para produção de mecha 1,4g em 8 horas diárias é de 695 kg. Para levar o algodão até as máquinas de haste usa-se a regra do PEPS, o que é produzido primeiro será utilizado primeiro. A produção do algodão é realizada em apenas um turno de 8 horas, no período da manhã, e no segundo turno é feita a limpeza das máquinas, empregando uma pessoa que a realiza em 4 horas. Caso necessite de mecha é realizada uma produção no segundo turno de 4 horas.

Figura 3- Mapa do fluxo de valor do estado atual da haste cartucho.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2018.

Todos os dias são entregues aos supervisores e almoxarifes e dispostas em um mural a programação diária, com isso ao entrar uma OP (ordem de produção) em produção, os almoxarifes separam as matérias-primas e transportam até o setor da linha de produção

e abastecem a máquina junto com o operador. Todo o processo é empurrado, neste processo está incluso as seguidas etapas: pegar os cartuchos e colocar em sacos plásticos, transportar até a estufa, passar o fardo (cartucho com o saco plástico)

na estufa, trazer de volta até a máquina, montar a caixa, completar a caixa com os fardos, fechar a caixa com fita adesiva, colar etiqueta e colocar a caixa no palete.

Na etapa seguinte, que é a inspeção, é conferida a quantidade correta de caixas conforme a etiqueta de identificação, as quais chegam em paletes. Na sequência é transferida, sempre no fim do turno de trabalho, a quantidade apontada para estoque de produto acabado.

Na elaboração e análise do mapa do estado atual foi possível apontar os seguintes problemas no processo produtivo estudado: Os procedimentos de retirada e abastecimento do estoque intermediário não estavam sendo realizados corretamente, uma vez que o algodão que abastecia a máquina era o que tinha acabado de ser estocado, ou seja, estavam utilizando o método de UEPS, último a entrar primeiro a sair; O algodão que abastece a máquina estava entrando quente, afetando a elasticidade do mesmo e isso poderia ocasionar problemas no processo produtivo e rejeitos; Estoque secundário no corredor de algodão alvejado; Linha de produção sem nenhum consentimento da quantidade que necessitam produzir em uma OP; Lotes grandes e sem definição do tamanho padrão, ocasionando um excesso de inventários; Falta de plano mestre de produção.

De acordo com a etapa realizada anteriormente, desenhou-se o mapa de fluxo de valor futuro para a família de produto da haste flexível, apresentado na figura 4.

No mapa futuro (figura 4) do fluxo de valor da haste cartucho tem-se um lead time de produção de 18,5 dias e um tempo de processamento de 13017,39 segundos ou 0,15 dias. As melhorias propostas para o processo produtivo da família de produtos da haste flexível são: troca do sistema de produção empurrado para o sistema de produção puxado; Etiquetas de identificação para retirada e abastecimento do algodão; Dimensionamento por supermercados; Utilização de dois turnos de produção para o algodão; Quadro de nivelamento de produção; Criação de uma programação de manutenções preventivas. O mapa do fluxo de valor do estado futuro da haste cartucho encontra-se na figura 4.

Entre o processamento do algodão e a produção da haste não é possível ter um fluxo

contínuo, para isso é necessário o dimensionamento por um supermercado. Foi utilizado um kanban de sinalização, toda vez que a quantidade de algodão atingir um ponto de alerta (mínimo). Este supermercado será responsável por manter o ritmo de produção de acordo com a necessidade dos processos posteriores.

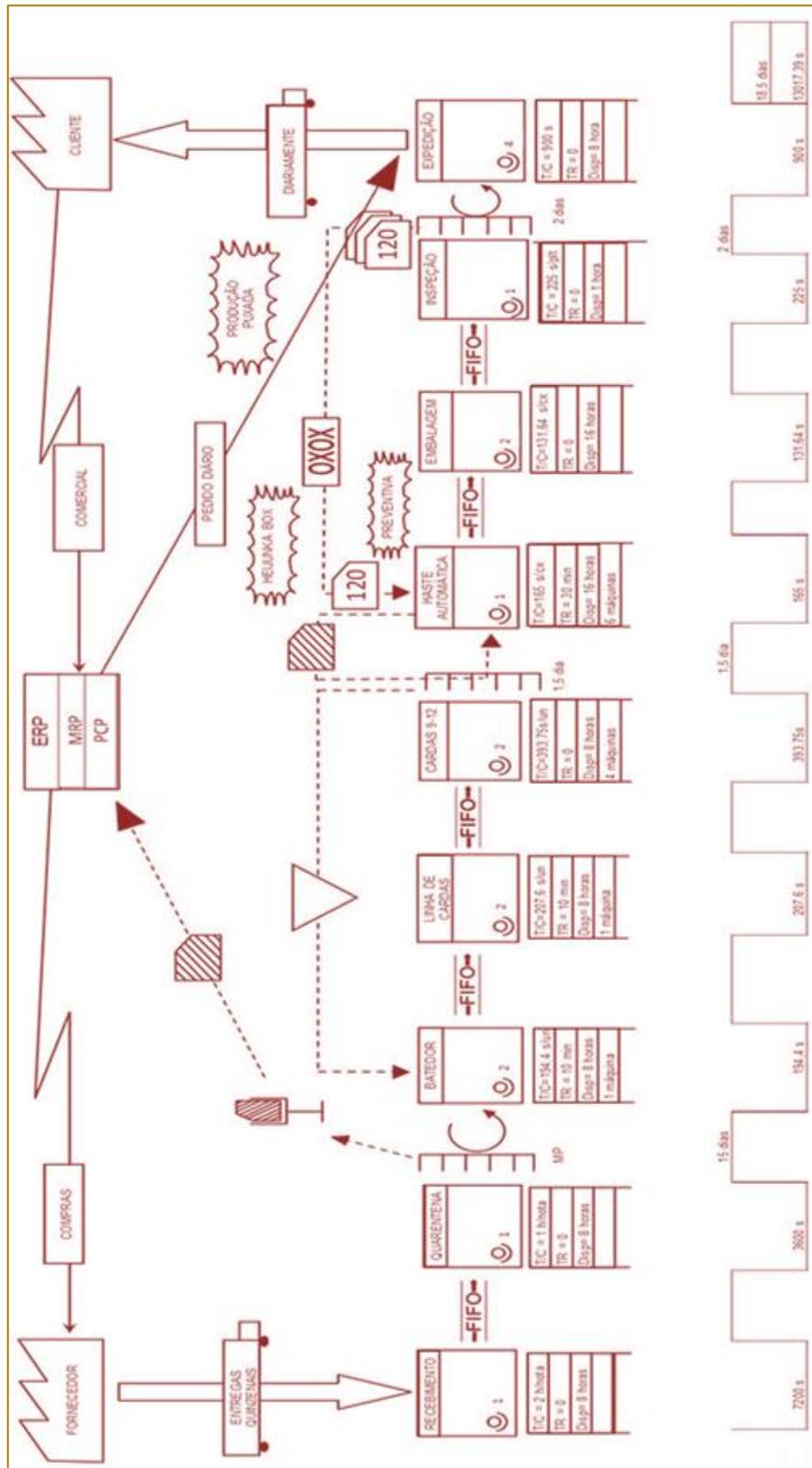
De acordo a capacidade produtiva de algodão é necessário a utilização de dois turnos de produção, visto que a empresa somente realiza a limpeza das máquinas no segundo turno. Para manter um fluxo contínuo no setor de produção do algodão e conseguir atender as necessidades do supermercado de 1,5 dias, é necessário que os operadores realizem diariamente 4 horas de produção do algodão no segundo turno e 4 horas para a limpeza das máquinas.

Também não é possível ter um fluxo contínuo na expedição, portanto é necessário um supermercado de produtos acabados, devido a uma demanda que aumenta ou diminui com muitos picos, e por não produzir tão rapidamente o produto para atender os clientes quando solicitarem.

No mapa futuro há um terceiro supermercado após a análise da qualidade no processo de quarentena. O almoxarifado poderá utilizar um kanban interno de retirada e enviar ao PCP toda vez que um fardo ou caixa for utilizado. Assim o setor o PCP poderá solicitar as matérias-primas com base na utilização real, ao invés das estimativas do sistema ERP sobre a utilização futura. Uma vez que o PCP solicitar matérias primas, o kanban correspondente pode ser colocado no quadro específico do recebimento, indicando o dia de chegada.

Para facilitar a gestão da produção e os problemas de comunicação entre os setores, uma das melhorias propostas é a utilização de um quadro de nivelamento. Desta forma, fica visível o que está sendo produzido e o que deve ser ainda feito. O fluxo de informações inicia no cliente. Ao receber um pedido, o produto é expedido no supermercado de produtos acabados. A partir disso, um kanban de produção é disparado para o PCP que levará até o quadro de nivelamento. O supervisor da produção irá levar os kanbans até o processo puxador, ditando o ritmo da produção no restante dos processos.

Figura 4 - Mapa do fluxo de valor do estado futuro da haste cartucho.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2018.

Para implementação do sistema de produção puxada é fundamental que a fábrica tenha uma boa estabilidade. As máquinas precisam

estar disponíveis, atualmente realiza-se somente a manutenção corretiva, portanto se

faz necessária a criação de uma programação de manutenções preventivas.

A seguir na tabela 1 estão representadas as melhorias realizadas no lead time,

comparando as informações coletadas no mapa atual com as melhorias propostas no mapa futuro para haste cartucho.

Tabela 1- Melhoria do lead time haste automática cartucho

Melhoria do Lead Time Haste Automática Cartucho						
Processos	Estoque MP Algodão	Estoque em processo: MP/Batedor	Estoque em processo: Batedor/Linha de Cardas	Estoque em processo: Linha de Cardas/Cardas 9-12	Estoque PA	Lead Time da Produção
Antes	63,14 dias	0,77 dias	0,82 dias	0,96 dias	13,5 dias	79,18 dias
Depois	15 dias	-	-	1,5 dias	2 dias	18,5 dias

Fonte: Elaborado pelos autores, 2018.

Ao analisar a tabela, observa-se que para haste automática cartucho o lead time anterior era de 79,18 dias, e com as mudanças realizadas no processo de produção o lead time passou para 18,5 dias, permitindo que a empresa entregue seus produtos na hora certa e com custos menores.

## 5 CONCLUSÃO

Ao considerar a característica da empresa e o cenário na qual ela está inserida, a aplicação de conceitos e ferramentas enxutas foi considerada como uma estratégia importante para a empresa, tendo em vista que os conceitos podem trazer resultados positivos no fluxo de valor, tornando a empresa mais competitiva frente aos concorrentes.

Dessa forma verificou-se que é possível melhorar o cenário atual da empresa, através da aplicação da produção enxuta como: sistema de produção puxada, quadro de nivelamento da produção e manutenção preventiva.

Como principais resultados obtidos pelo presente estudo, obteve-se uma redução dos estoques entre os processos, redução de desperdícios, diminuindo desta forma lead time da empresa, proporcionando que ela

entregue seus produtos na hora certa e com custos menores, garantindo a satisfação dos clientes. O lead time da haste cartucho reduziu de 79,18 dias para 18,5 dias, trazendo uma redução de tempo de entrega aos clientes.

A implantação de conceitos da manufatura enxuta é um desafio, pois além de mudanças no processo produtivo, são necessárias mudanças na mentalidade de toda a organização, a fim de garantir o sucesso da implantação.

Quanto ao uso do mapeamento do fluxo de valor, salientada por muitos autores como uma ferramenta importante da abordagem enxuta, e empregada para melhorias dos processos produtivos, deve ser aplicado corretamente. Forno et al (2014), pois caso contrário, pode prejudicar a identificação de resíduos, levar a interpretações errôneas e erros de avaliação, além de prejudicar a implementação de melhorias futuras.

Enfim, para estudos futuros, sugere-se a elaboração de um plano de ação para ser aplicado em toda a empresa e o aprofundamento do estudo nas demais famílias de produto, com a aplicação das ferramentas da produção enxuta.

## REFERÊNCIAS

[1] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE HIGIENE PESSOAL, PERFUMARIA E COSMÉTICOS. Panorama do setor. Disponível em: <<https://abihpec.org.br/publicacao/panorama-do-setor-2018/>>, Acesso em: 09 mai. 2018.

[2] DESHKAR, A.; KAMLE, S.; GIRI, J.; KORDE, V. Design and evaluation of a Lean

Manufacturing framework using Value Stream Mapping (VSM) for a plastic bag manufacturing unit. *Materials Today: Proceedings*, 5 (2), p. 7668–7677, 2018. DOI:10.1016/j.matpr.2017.11.442

[3] FORNO, A. J. D.; PEREIRA, F. A.; FORCELLINI, F. A.; KIPPER, L. M. Value Stream Mapping: a study about the problems and

challenges found in the literature from the past 15 years about application of Lean tools. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 72(5-8), p. 779-790, 2014. DOI:10.1007/s00170-014-5712-z

[4] GARZA-REYES, J. A. ROMERO, J.T.; OVINDAN, K. ; CHERRAFI, A. USHA, R. A PDCA-based approach to Environmental Value Stream Mapping (E-VSM). Journal of Cleaner Production, v. 180, p. 335-348, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.01.121>.

[5] JANGID, M.; TYAGI, P.; YADAV, V. Application Of Lean Manufacturing By Value Stream Mapping.- Application Of Lean Manufacturing By Value Stream Mapping. In: Emerging trends in Engineering & Management for Sustainable Development - International conference, Feb 2016. Available in: <<https://www.researchgate.net/publication/299956350>> Accessed 10 december 2018.

[6] LACERDA, A. P.; XAMBRE, A. R.; ALVELOS, H. M. Applying Value Stream Mapping to eliminate waste: a case study of an original equipment manufacturer for the automotive industry. International Journal of Production Research, 54 (6), 1708-1720, 2015. DOI:10.1080/00207543.2015.1055349.

[7] LAGE JÚNIOR, Muris. Mapeamento de processos de gestão empresarial. 2016.

[8] ROTHER, Mike; SHOOK, John. Aprendendo a enxergar. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2003.

[9] PAREDES-RODRÍGUEZ, A. M . Aplicación de la herramienta Value Stream Mapping a una empresa embaladora de productos de vidrio. Entramado, v.25, pp.262-277, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.18041/entramado.2017v13n1.25103>

[10] ROMERO; L.F.; ARCE, A. Applying Value Stream Mapping in Manufacturing: A Systematic Literature Review. IFAC-PapersOnLine, v. 50 (1), p. 1075-1086, 2017. DOI <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2017.08.385>

[11] ROHANI, J. M.; ZAHRAEE, S. M. Production line analysis via value stream mapping: a lean manufacturing process of color industry. Procedia Manufacturing, v. 2, p. 6-10, 2015. DOI:10.1016/j.promfg.2015.07.002

[12] SILVA, E, L; MENEZES, E, M. Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação. Florianópolis: UFSC/PPGEP/LED, 2000. Disponível em: <[https://projetos.inf.ufsc.br/arquivos/Metodologia\\_d\\_e\\_pesquisa\\_e\\_elaboracao\\_de\\_teses\\_e\\_dissertacoes\\_4ed.pdf](https://projetos.inf.ufsc.br/arquivos/Metodologia_d_e_pesquisa_e_elaboracao_de_teses_e_dissertacoes_4ed.pdf)>. Acesso em: 9 mai.2018.

[13] STADNICKA, D.; LITWIN, P. Value stream mapping and system dynamics integration for manufacturing line modelling and analysis. International Journal of Production Economics, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2018.12.011>.

[14] SUNK, A.; KUHLANG, P.; EDTMAYR, T.; SIHN, W. Developments of traditional value stream mapping to enhance personal and organisational system and methods competencies. International Journal of Production Research, 55 (13), p. 3732-3746, 2016. DOI:10.1080/00207543.2016.1272764

[15] TUBINO, Dalvio Ferrari. Manufatura enxuta como estratégia de produção: a chave para a produtividade industrial. São Paulo Atlas,2015. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788597001402/cfi/0!4/2@100:0.00>>. Acesso em: 9 mai. 2018. Acesso restrito Minha Biblioteca.

[16] WOMACK, J. P.; JONES, D. T. A Mentalidade Enxuta nas Empresas – Elimine o Desperdício e Crie Riquezas. 6ª. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

[17] WILDAUER, Egon Walter. Mapeamento de processos: conceitos, técnicas e ferramentas. Curitiba: Intersaberes, 2015. Disponível em: <<http://unisul.bv3.digitalpages.com.br/users/publications/9788544303054/pages/-2>>. Acesso em: 9 mai.2018. Acesso restrito via Minha Biblioteca.

# Capítulo 2

## *CONDOMÍNIOS LOGÍSTICOS COMO ESTRATÉGIA DE REDUÇÃO DE CUSTOS NA DISTRIBUIÇÃO DE BENS AOS CLIENTES*

*Haroldo Macedo Fontoura*

**Resumo:** O presente artigo busca demonstrar como os condomínios logísticos espalhados por todo o território nacional podem ser usados como estratégia de redução de custos na distribuição de bens aos clientes. A comercialização de produtos, passa principalmente pela disponibilidade de produtos nos pontos de vendas (PDV). Em geral as empresas produtoras e atacadistas/distribuidores possuem centros de distribuição (CD) localizados em pontos estratégicos para auxiliarem na distribuição de produtos até a chegada no varejo, encarecendo os custos finais dos bens, já que para isso as empresas precisam desembolsar recursos para construção de armazéns, além de custos como seguros, manutenção e despesas com pessoal, o que onera em muito o preço dos bens fornecidos ao consumidor final. A metodologia demonstrou dois eixos de abordagens distintas com uma revisão bibliográfica inicial com dados secundários extraídos de artigos e revistas e um estudo de caso com questionário aplicado a clientes usuários de um CL, para verificar a percepção dos mesmos quanto ao serviço prestado, além de identificar os parâmetros relativos a custo. Este artigo também mostra como estão distribuídos os condomínios por todo o Brasil a partir de cada região, bem como, a verificação do que as empresas podem ganhar usando os serviços desses condomínios. Com o advento dos condomínios logísticos, todos os custos acima citados não são necessários já que as empresas produtoras, assim como os atacadistas/distribuidores só precisam locar um espaço e a partir deste momento fazer a distribuição quer seja própria ou terceirizada.

**Palavras-chave:** Condomínio Logístico, Custo, Distribuição de bens

## 1 INTRODUÇÃO

Condomínio Logístico (CL) é o conjunto de diversos galpões com flexibilidade de modularização de espaços situados em um único terreno. Foi desenvolvido para proporcionar ganhos de escala para operadores logísticos, transportadoras, indústrias e varejistas, atendendo às necessidades de armazenagem e distribuição.

Outro fator que alavanca o crescimento dos CL, está na necessidade que as empresas vêm encontrando no uso de um sistema de apoio logístico integrado.

Esse artigo tem como objetivo demonstrar como os condomínios logísticos espalhados por todo o território nacional podem ser usados como estratégia para melhorar a distribuição de bens aos clientes.

Para facilitar o entendimento dos diversos aspectos importantes esse trabalho está dividido da seguinte forma, incluindo esta introdução. A revisão de literatura foi dividida em: conceitos sobre o tema Logística, a tendência de terceirização das operações logísticas por parte das empresas brasileiras, conceitos de condomínio logísticos, classificação, vantagens e desvantagens, custos das operações como uso dos CL para empresas que transportam e armazenam cargas por todo o território nacional.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 LOGÍSTICA

Ballou (p.18, 2010) descreve um exemplo de como a logística é importante nas empresas: uma empresa de uma linha de produtos cosméticos e de beleza, enfrentava uma série de problemas associados a um sistema logístico carente de melhorias. Alguns dos sintomas eram: tempo excessivo para completar e entregar pedidos dos clientes, inconvenientes gerados por pedidos incompletos, grande quantidade de erros no preenchimento dos pedidos e alto nível de perdas devido a roubo e danos físicos às mercadorias. Após cuidadoso trabalho de replanejamento e coordenação, que levou em conta o balanceamento dos custos de transportes, manutenção de estoques e processamento de pedidos, foram fechados diversos depósitos, e instalado um sistema de aperfeiçoado de comunicações.

Apesar de a nova prática incorrer em maiores gastos com fretes e investimentos em equipamentos de transmissão de dados, estes custos foram superados por uma redução substancial no custo de estoques, ao mesmo tempo foi diminuído o tempo médio para entregar, em nível nacional, realizando assim uma economia anual média de R\$ 250.000.000.

Ballou (2010), divide as atividades em primárias e de apoio que estão demonstradas no quadro 1 abaixo:

Quadro 1 - Atividades Primárias

ATIVIDADES PRIMÁRIAS	CONCEITO
Transporte	É a parte da logística referente a movimentação da matéria-prima e dos produtos acabados de um ponto a outro.
Manutenção	É a parte da logística que regula ou nivela a oferta e a demanda de um determinado produto.
Processamento de Pedidos	É a parte da logística que operacionaliza as funções administrativas que formalizam a emissão do documento que originou a venda de um determinado produto.

Fonte: Ballou (2010).

As atividades de apoio auxiliam na redução de custos e são importantes no processo. O quadro 2 descreve em duas colunas o significado de cada atividade que compõe o

grupo de apoio, a primeira coluna mostra o nome da atividade, a segunda coluna descreve o conceito dela.

Quadro 2 - Atividades de Apoio

ATIVIDADES DE APOIO	CONCEITO
Sistema de Informação	É a atividade que constitui uma base de dados com informações importantes de todas as etapas dentro de uma organização, servindo de apoio a uma administração eficiente e eficaz das atividades primárias e de apoio ao sistema logístico.
Planejamento	É a atividade que determina na fábrica o que produzir, na quantidade e quando para atender à demanda do mercado.
Suprimentos	É uma atividade de apoio importante, pois supre as necessidades da organização na compra de matéria-prima com quantidades exatas e no tempo correto, com isso é possível uma redução dos custos da organização.
Embalagem	Tem como objetivo armazenar, transportar e movimentar o produto sem danificá-lo; atualmente as embalagens devem ter dimensões adequadas para um melhor manuseio e armazenamento.
Manuseio de Materiais	Está relacionado à movimentação interna de produtos tanto a matéria-prima para a produção, quanto ao produto acabado para o estoque e pode ser também o manuseio de um depósito para outro.
Armazenagem	É uma atividade de apoio, responsável pela administração de espaços físicos necessários para manter os produtos estocados. Isso pode ser dentro da fábrica ou em locais que possam favorecer o ponto de consumo final.

Fonte: Ballou, (2010).

## 2.2 TERCEIRIZAÇÃO DA LOGÍSTICA NO BRASIL

Kimimoto e Relva (2104) afirma que o aumento da complexidade logística tem favorecido a terceirização, especialmente com a contratação de Prestadores de Serviços Logísticos (PSL). Essa maior complexidade é consequência direta dos fatores:

### ■ Globalização:

- Aumento do número de clientes, fornecedores, pontos de venda e locais de fornecimento;
- Aumento das distâncias a serem percorridas e complexidade operacional modais de transporte, legislação, fatores culturais;
- Maior proliferação de produtos;
- Menores ciclos de vida dos produtos;
- Maior exigência de serviços;
- Segmentação de clientes, canais e mercados.

Para Novaes (2006), adicionalmente pode-se destacar como vantagens da terceirização de forma mais ampla: (a) focalização no negócio principal (core business) da empresa; (b) diminuição da estrutura administrativa; (c) liberação de recursos para capital de giro; (d) transformação de custos fixos em custos variáveis, sendo estes últimos com base de cálculo pré-estabelecida.

## 2.3 CONDOMÍNIOS LOGÍSTICOS

Segundo Pozo (2010), o condomínio logístico (CL) é o conjunto de diversos galpões com flexibilidade de modularização de espaços situados em um único terreno. Foi desenvolvido para proporcionar ganhos de escala para operadores logísticos, transportadoras, indústrias e varejistas, atendendo às necessidades de armazenagem e distribuição. Tem como objetivo oferecer uma infraestrutura de serviços compartilhados, integração logística, redução de custos nos estoques, instalações e processos.

Segundo a Revista Logística (2014), existem dois tipos de condomínios logísticos:

a) Monousuário: São os galpões que atendem um único cliente chamado de “built-to-suit”. Esse tipo de galpão é construído para atender às necessidades/especificações, diretamente do cliente solicitante, o que inviabiliza a locação para outros inquilinos do CL.

b) Flex: Possui galpões para atender diversos tamanhos de demandas, nos vários módulos existentes, agrupando separadamente as cagas por gênero e por clientes.

Os CL podem ser classificados, de acordo com sua utilização em:

- Armazéns: são galpões com projetos modulares, prontos para receber cargas colocadas em portas paletes e cantilever (módulos para cargas compridas como tubos compridos e afins) entre outros. Sua indicação é para operadores logísticos, atacadistas e etc.

- Cross-docking: São galpões que são utilizados prioritariamente na movimentação de cargas, já que neste padrão as cargas estocadas são just-in-time (cargas que chegam na mediada certa e no tempo para produção), ou seja, de acordo com a solicitação do cliente, e são processadas no momento em que chegam sendo encaminhadas para transbordo em outro veículo, não havendo necessidade de armazenamento das cargas.

- Misto: O propósito desse tipo de estrutura de galpão é que o mesmo pode ser utilizado formatações diversas, recomendado para CD (Centro de Distribuição de grandes redes de varejo).

- Industrial “Plug & Play”: São projetados e customizados para a implantação industrial e podem atender aos diversos tipos de indústria, inclusive o de manufatura.

## 2.4 VANTAGENS E DESVANTAGENS DOS CL

### 2.4.1 VANTAGENS

Segundo a Revista Logística (2014) os usuários dos CL poderão usufruir das seguintes vantagens:

Rateio de custos de manutenção, limpeza e jardinagem das áreas comuns, apenas uma empresa fica responsável por todo este

serviço, dando suporte e maior comodidade aos inquilinos,

- Rateio dos custos com segurança e portaria (controle de acesso). Segurança 24 horas, proporcionando menor custo de apólice de seguro;

- Utilização das áreas de apoio como restaurantes, salas de reunião e treinamento, em alguns casos oferecem auditórios;

- Localização estratégica e visibilidade, ideal para as que buscam integração modal;

- Administração profissional com gestor do condomínio;

- Flexibilidade de expansão sem a mudança de endereço (este item varia de acordo com o tamanho do condomínio logístico contratado) e amplo estacionamento.

### 2.4.2 DESVANTAGENS

Para Marino (2012), desvantagens estão diretamente ligadas a localização do CL, como também do seu tamanho e estão divididos em:

Alto custo do aluguel, em comparação às estruturas dedicadas, mas o valor varia de acordo com a região escolhida;

O pátio insuficiente para o volume de operações e a dificuldade de crescimento dentro de um mesmo condomínio.

## 2.5 CONDOMÍNIOS LOGÍSTICOS NO BRASIL

Para a Revista Mundo Logístico (2014) o Brasil possui um número de Condôminos logísticos cada vez maior, porque os responsáveis pelos CL, procuram cada vez mais criar grandes conglomerados em locais com localização privilegiada com o intuito de buscar clientes que necessitam desses espaços, além de benéficos à que este modelo oferece para que assim possam atender as suas necessidades. As características dos condomínios possuem particularidades únicas, como por exemplo: o tamanho, o modelo do galpão que pode ser cross-docking ou misto.

Um estudo da fundação Dom Cabral realizado em 2014, levantou as despesas com logística em relação à receita de 126 empresas brasileiras em 2013, o resultado dessa pesquisa demonstra que a localização dos condomínios logísticos nos grandes centros é

a solução para seus problemas. O estudo revelou, inclusive, quais seriam os maiores custos logísticos no Brasil:

- Transporte de longa distância – 38%
- Transporte de curta distância – 16%
- Armazenagem de produtos – 18%

A partir desse crescimento, a disponibilidade no Brasil apresentou um aumento de 17,67% ante 13,30% do ano anterior. O autor fala

ainda, que no ano de 2014, continuou tendo aquecimento, sendo verificado como um bom momento para investidores e ainda para o ano de 2015 o mercado de Condomínios logístico conseguirá atingir o equilíbrio no mercado, entre a demanda e a oferta.

A tabela abaixo demonstra um levantamento do Inventário do percentual de espaço já existente, e ainda faz referências à construções em execução e de projetos para o futuro, por região em M<sup>2</sup> no ano de 2015.

Tabela 1 - Inventário existente e futuro por região brasileira em M<sup>2</sup>, 2015

REGIÃO	INVENTÁRIO EXISTENTE	INVENTÁRIO EM CONSTRUÇÃO	INVENTÁRIO EM PROJETO	TOTAL EM M <sup>2</sup>
Norte	35%	45%	20%	334.815
Nordeste	19%	10%	71%	2.149,284
Centro Oeste	43%	57%	-	117.235
Sudeste	36%	13%	51%	14.312,945
Sul	28%	12%	60%	1.849,117

Fonte: Colliers International: Brasil – Condomínios Industriais (2014).

## 2.6 PREÇOS DE LOCAÇÃO DOS CL

Os preços médios variam nas diversas regiões brasileiras. O sudeste, devido sua concentração maior de indústrias e vendas, possui a maior média de preço que é de R\$ 20,50 m<sup>2</sup>/mês, sendo comparado o valor do m<sup>2</sup> de países como (Japão, Inglaterra, Dubai e Cingapura), em seguida vem a região Sul com R\$ 18,50m<sup>2</sup>/mês, a região central do país o preço é de R\$ 17,00 m<sup>2</sup>/mês, o Norte pela distância e dificuldade da logística o preço é de R\$ 20,00m<sup>2</sup>/mês e pôr fim a região Nordeste que pratica preços na base de R\$ 16,00m<sup>2</sup>/mês.

Os preços médios de áreas em condomínios logísticos no Brasil são mais altos do que os praticados em galpões individuais de mesmo padrão. A média de aluguel de galpões individuais de qualidade comparável àquela encontrada em galpões de condomínios logísticos tende a ser de 10% a 15% mais barato (ILOS, 2013).

Na tabela 2 verifica-se que a maior parte das empresas e a maior concentração de condomínios está na região Sudeste, esse fator é devido aos grandes polos industriais que se encontram nesta região, principalmente nas cidades de São Paulo e Rio de Janeiro, em seguida a região Sul, Nordeste, Centro – Oeste e Norte.

Tabela 2 - Inventário existente, absorção líquida, taxa de vacância e preço médio pedido de locação por região, 2015

REGIÃO	INVENTÁRIO	ABSORÇÃO	TAXA DE VACÂNCIA	PREÇO MÉDIO DE PEDIDO
Norte	111.309 m <sup>2</sup>	0m <sup>2</sup>	0%	R\$ 15,95/m <sup>2</sup> /mês
Nordeste	417.788 m <sup>2</sup>	58.310 m <sup>2</sup>	7,0%	R\$ 15,95/m <sup>2</sup> /mês
Centro Oeste	50.329 m <sup>2</sup>	0 m <sup>2</sup>	47,1%	R\$ 16,90/m <sup>2</sup> /mês
Sudeste	5.122.127 m <sup>2</sup>	111.050 m <sup>2</sup>	6,9%	R\$ 20,60/m <sup>2</sup> /mês
Sul	527.245 m <sup>2</sup>	27.800 m <sup>2</sup>	3,7%	R\$ 17,30/m <sup>2</sup> /mês

Fonte: Colliers International: Brasil – Condomínios Industriais (2014)

A tabela 3 faz uma comparação entre o estado de São Paulo e o resto do Brasil, demonstrando que o grande conglomerado

de CL's nesse estado que é responsável por uma fatia significativa no cenário nacional, tanto os CL's existentes como os futuros.

Tabela 3 - Inventário de espaço de CL existentes e futuros em M<sup>2</sup>, 2015

SÃO PAULO				
Tipos de Inventários	2012	2013	2014 A 2016	TOTAL
INVENTÁRIOS Existente	3.635,384 m <sup>2</sup>	4.954.999 m <sup>2</sup>	5.916,548 m <sup>2</sup>	11.610,852 m <sup>2</sup>
Inventário Futuro	1.319,615 m <sup>2</sup>	961.549 m <sup>2</sup>	5.694.304 m <sup>2</sup>	
BRASIL				
Tipos de Inventários	2012	2013	2014 A 2016	TOTAL
Inventários Existente	6.270,798 m <sup>2</sup>	8.396,823 m <sup>2</sup>	10.018,174 m <sup>2</sup>	18.762,935 m <sup>2</sup>
Inventário Futuro	2.126,025 m <sup>2</sup>	1.621,351 m <sup>2</sup>	8.744,761 m <sup>2</sup>	

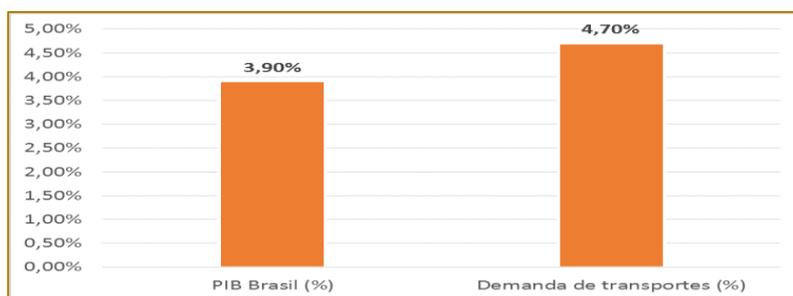
Fonte: Colliers International: Brasil – Condomínios Industriais (2014).

## 2.7 CUSTOS LOGÍSTICOS

O custo com transporte é composto por itens como o preço do diesel, pedágio e seguro. Na conta dos custos logísticos totais do País entram também gastos com estoque (3,2%), armazenagem (0,8%) e administrativos (0,4%).

Desde 2004, quando o ILOS lançou a pesquisa, o custo do transporte rodoviário de carga subiu 12% ao ano no País. O montante passou de R\$ 202 bilhões em 2010 para R\$ 275,6 bilhões no ano passado. O ILOS avalia que o modal rodoviário voltou a elevar sua participação na matriz de transporte em função da limitação da infraestrutura dos demais modais.

Figura 1 – Variação do PIB Brasil (R\$ Bilhões) e Demanda de transportes entre 2004/2013



Fonte: ILOS, IBGE (2016)

De acordo com o Instituto de Logística e Supply Chain – ILOS (2013), os custos logísticos das empresas em operação no Brasil adicionalmente impacta nos custos logísticos no Produto Interno Bruto (PIB). Enquanto no Brasil, em 2010, os custos logísticos incorridos pelas empresas

representaram 10,6% do PIB, nos Estados Unidos essa relação chegou a 7,7% do PIB ILOS, 2013). Ao verificar-se essa diferença numérica ver-se que é relativa, pois os 2,9% do PIB pró USA demonstra que logística no Brasil é menos eficiente do que nos Estados

Unidos, o que tem como explicação resumida os seguintes fatores:

a) O gasto das empresas nacionais com transporte foi superior aos gastos das empresas americanas, o que se deve a questão da infraestrutura precária (rodovias, ferrovias, portos, aeroportos, dutovias),

b) A pouca confiança no sistema de transporte a qual gera a necessidade nas empresas brasileiras de possuírem mais estoques reserva, aumentando assim os custos com armazenagem e manutenção de estoques.

Analisando-se a infraestrutura para transporte de carga. Se o Brasil possuísse uma matriz de transportes similar ao Estados Unidos e se fossem praticados os mesmos custos de cada modal o país teria uma economia de R\$ 113 bilhões, ou 37% dos custos com transporte de carga no Brasil.

## 2.8 CONDOMÍNIOS LOGÍSTICOS NA VISÃO DAS EMPRESAS USUÁRIAS

As empresas brasileiras que utilizam o serviço de CL, verificam algumas características que definem os condomínios logísticos no Brasil, são utilizados em sua grande maioria pelos prestadores de serviços logísticos. Para o ILOS (2014), os PSL, responsáveis pela armazenagem dos insumos e produtos de seus clientes, que são basicamente as empresas industriais, são responsáveis pela busca de soluções adequadas na realização das atividades que compõem a tarefa principal que é o armazenamento das cargas.

Os prestadores de serviço logísticos, passaram a realizar compras de espaço (aluguel) a partir de contratos com duração maiores de tempo que duram em geral 4 anos, tendo como premissa os condomínios modulares, que possibilitam permitem uma flexibilidade para os contratantes. Os ganhos com benefícios oferecidos pelos condomínios logísticos têm despertado operações, nos dos

setores Eletroeletrônico prioritariamente, mas também no mercado de Computação, Comércio Varejista, Higiene, Limpeza e Cosméticos, Automotivo e Alimentos e Bebidas. Embora outro segmento de produtos com valor agregado menor e que possuem atividade de armazenagem menos estratégicas, não exigindo níveis de serviços tão elevados como Siderurgia e Metalurgia, Material de Construção e Papel e Celulose, ainda não são usuários habituais do modelo dos CL.

## 3. METODOLOGIA

Esse trabalho procura demonstrar dois eixos de abordagens:

1ª) Uma revisão bibliográfica, que descreve os conceitos, principais características e objetivos dos CL e quais as vantagens e desvantagens que eles podem trazer para as empresas que os contratam, além dos custos envolvidos na contratação de CL e sua utilização pelos clientes. A pesquisa bibliográfica segundo Lakatos e Marconi (2010), realiza-se através do registro de pesquisas anteriores, e de dados de outros pesquisadores em diversos tipos de documentos que contém conceitos de CL.

2ª) Um estudo de caso realizado em uma empresa privada que possui toda a cadeia logística, desde a produção até o varejo no ramo de alimentação e que possui um condomínio logístico com 189.000m<sup>2</sup> sendo 60.000m<sup>2</sup> para linha frigorífica e 90.0000 m<sup>2</sup>, para estoque seco, distribuídos em três unidades estrategicamente localizadas em três capitais, tanto para atender a sua demanda como a de outros clientes. A pesquisa foi realizada a partir de 2 questionário contendo 10 e 5 questões, as quais foram aplicadas em 5 clientes que usam o CL desta rede.

As questões foram tabuladas a partir de notas dadas por esses clientes entrevistados de acordo com o quadro abaixo:

Quadro 3 - Questionário de coleta de dados

Questões/pontuação	0 a 4,9 RUIM	5 a 6,9 REGULAR	7 a 8,9 BOM	9 e 10 ÓTIMO
O CL conta com uma infraestrutura que lhe atende perfeitamente suas necessidades?				
O CL administra todos as suas áreas ou terceiriza para imobiliárias a sua administração?				
O atendimento do CL após a captação do cliente continua bom?				
O Rateio das despesas entre os locatários está justa e adequada?				
Como você avalia as principais vantagens que o CL oferece aos seus clientes?				
A realização dos contratos deixa claro qual o critério na cobrança dos aluguéis aos locatários?				
O sistema de segurança do CL, garante a confiabilidade das cargas dos clientes?				
Os galpões do CL estão equipados com as teologia e estrutura adequadas para o ramo de atividade. Por exemplo, o piso dos galpões está preparado para receber cargas perecíveis até quantos quilos? Qual a altura do pé direito dos galpões?				
O CL tem uma previsão de crescimento para os próximos anos, afim de oferecer mais espaços aos clientes?				
A empresa tem um custo menor com uso dos CL				

Quadro 4 Questionário de coleta de dados percentuais

Questões/pontuação	0 a 0,9% RUIM	11 a 30,9% REGULAR	31 a 70% BOM	71 a 100% ÓTIMO
Houve aumento da distribuição com o uso do CL?				
Houve diminuição de custos de Armazenamento com o uso do CL?				
Houve diminuição de custos de Transporte com o uso do CL?				
Houve aumento do Market Share com o uso do CL?				
Houve diminuição de Tempo de entrega aos clientes com o uso do CL?				

Os pontos avaliados nas tabelas serão tabulados buscando a média das notas dadas pelas empresas clientes e colocados em forma de gráficos que demonstrarão de maneira rápida e prática a percepção dos clientes quando do uso de CL, evidenciando vantagens ou não na utilização deste modelo.

A tabela 4 demonstra a nota de cada cliente dado para cada uma das dez questões, já a

tabela 5 mostra a média do percentual das notas dadas pelas empresas clientes do CL.

Após as notas de cada questão as mesmas serão somadas conforme as formula abaixo. As médias servirão para indicar em que nível de percepção de qualidade de serviço está o CL na visão de cada usuário dos serviços.

Fórmula da tabela 4

$$\frac{Q1 + Q2 + Q3 + Q4 + Q5 + Q6 + Q7 + Q8 + Q9 + Q10}{10}$$

Fórmula da tabela 5

$$\frac{Q1 + Q2 + Q3 + Q4 + Q5}{5}$$

#### 4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Tabela 4 Distribuição dos pontos por questão

TABELA DO QUESTIONÁRIO						
No	QUESTÕES/ EMPRESAS	C1	C2	C3	C4	C5
Q1	O CL conta com uma infraestrutura que atende perfeitamente as necessidades dos clientes?	8	8	9	8	9
Q2	O CL administra bem todas as suas áreas e as áreas terceiriza para imobiliárias também?	7	8	9	8	8
Q3	O atendimento do CL após a captação do cliente continua bom	8	9	7	8	8
Q4	O rateio das despesas entre os locatários está justo e adequado?	9	9	9	9	9
Q5	Como você avalia as principais vantagens que o CL oferece aos seus clientes?	9	8	8	9	8
Q6	A realização dos contratos deixa claro o critério na cobrança dos aluguéis aos locatários?	8	9	8	10	9
Q7	O sistema de segurança do CL garante integridade das cargas dos clientes?	9	10	9	9	9
Q8	Os galpões do CL estão equipados com tecnologia e estrutura adequadas para o ramo de atividade: Por exemplo, o piso dos galpões está preparado para receber cargas perecíveis? até quantos? qual a altura do pé direito dos galpões.	8	8	8	8	9
Q9	O CL tem uma previsão de crescimento para os próximos anos afim de oferecer mais espaços aos seus clientes?	9	8	8	9	9
Q10	A empresa tem um custo menor com uso dos CL?	10	10	10	9	9
	TOTAL POR EMPRESA	85	87	85	87	87
	MÉDIA	8,5	8,7	8,5	8,7	8,7
	CLASIFICAÇÃO	BO M	BO M	BO M	BO M	BO M

Fonte: Fontoura (2017)

Os gráficos abaixo demonstrados evidenciam as questões feitas e as notas dadas para cada item pelos clientes entrevistados. Foram

analisadas questões como estrutura, atendimento a clientes e custo.

Figura 2 - Distribuição das pontuações por questão do cliente 1

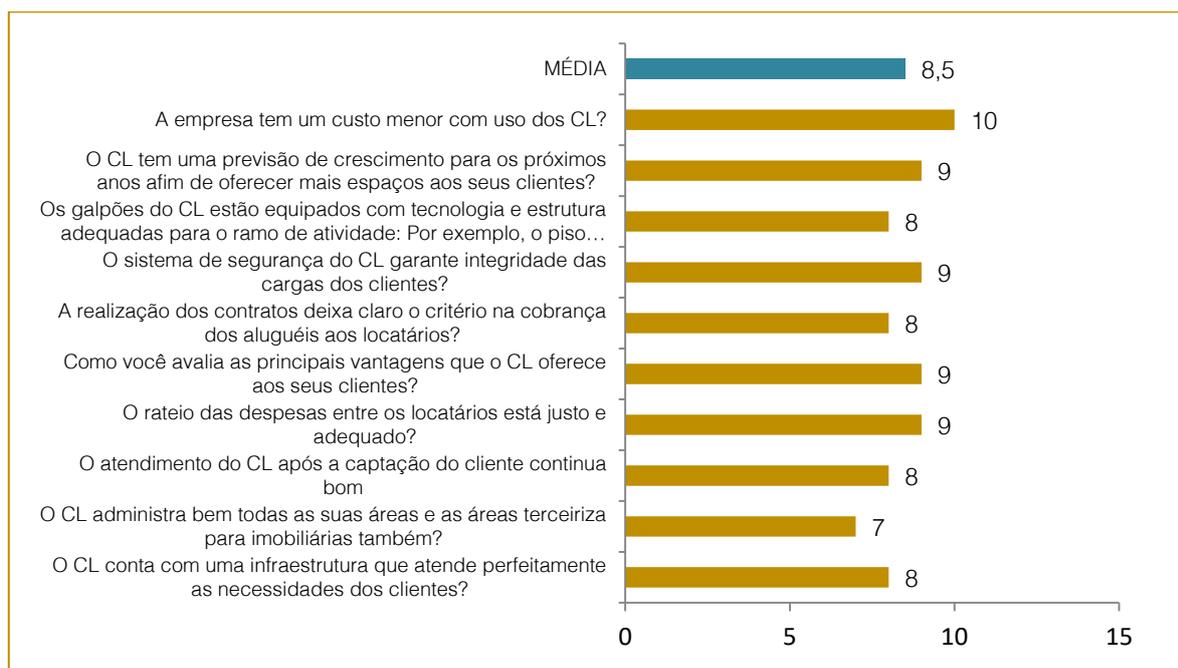


Figura 3 - Distribuição das pontuações por questão do cliente 2

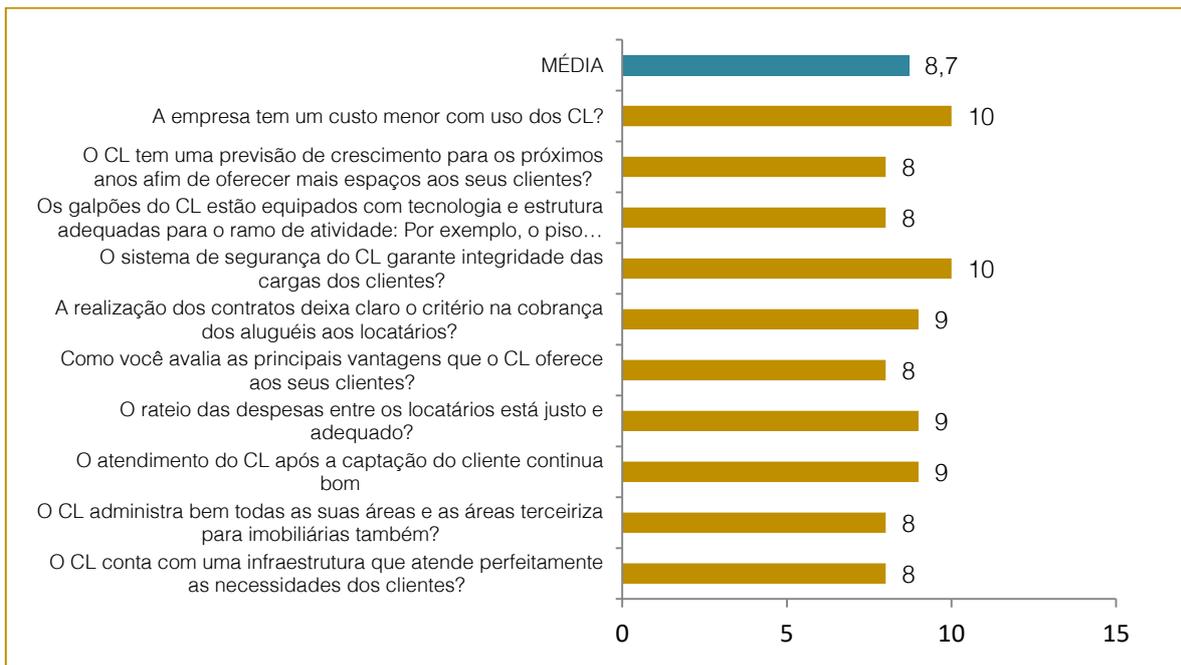


Figura 4 - Distribuição das pontuações por questão do cliente 3

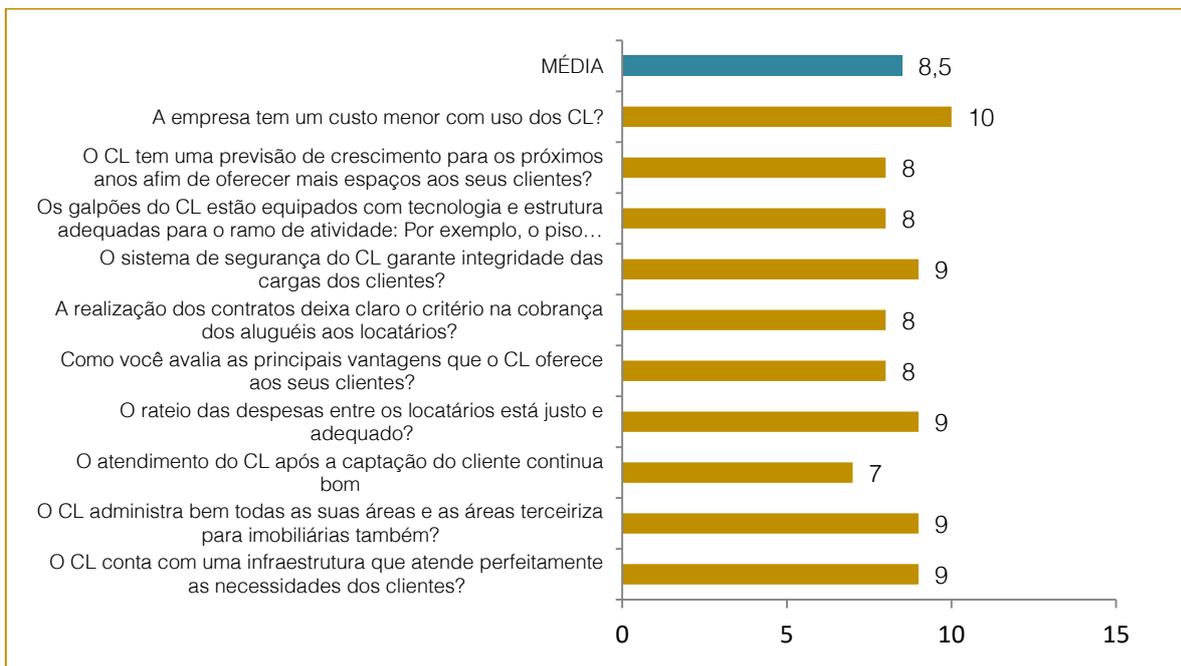


Figura 5 - Distribuição das pontuações por questão do cliente 4

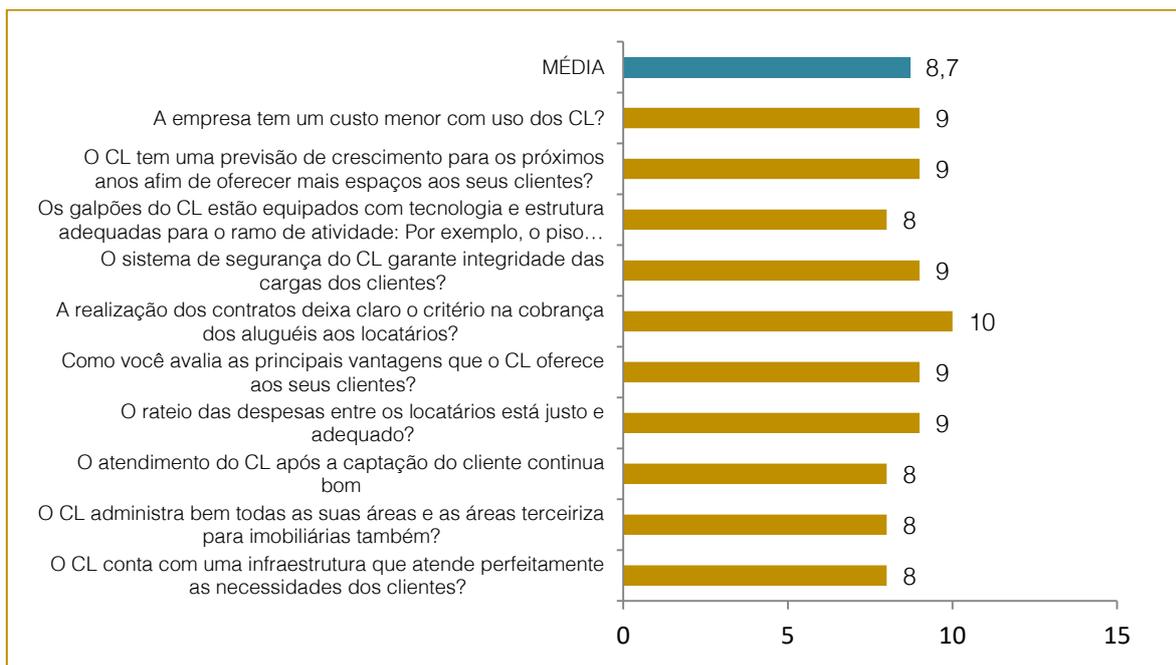
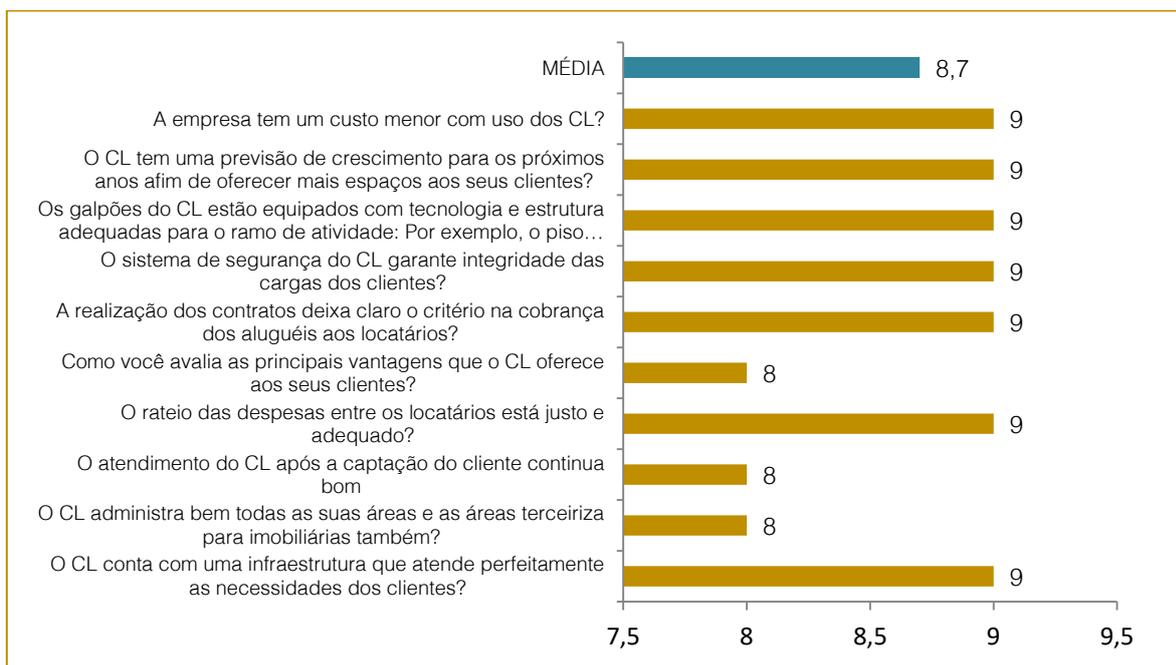


Figura 6 - Distribuição das pontuações por questão do cliente 5



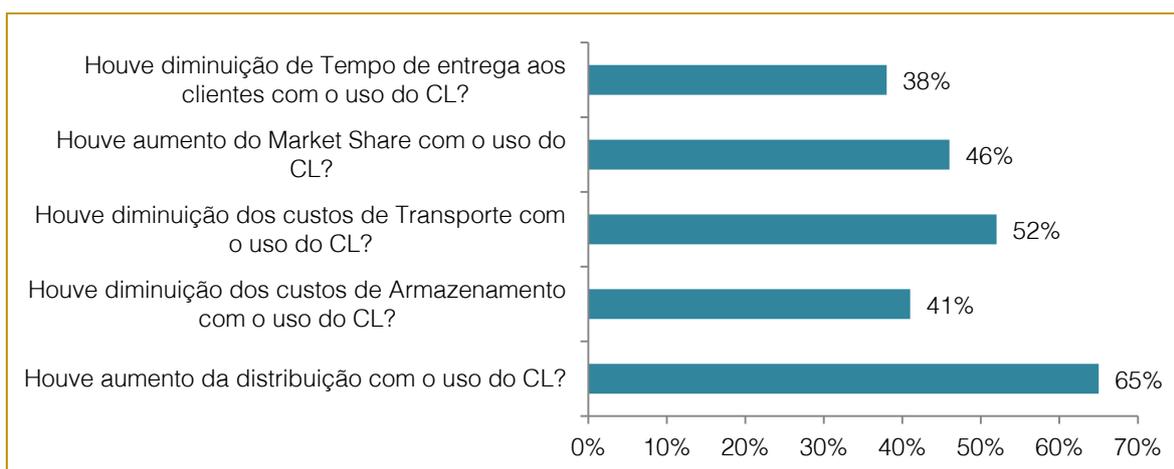
A tabela 4 e os gráficos de 1 a 5 acima, mostram que as opiniões sobre a qualidade do serviço prestado pelo CL, alvo desse estudo é vista como "BOM" para todas as

empresas pesquisadas. As pontuações se alternam, mas as médias ficam praticamente iguais o que mostra um equilíbrio na percepção sobre o CL.

Tabela 5 Distribuição dos pontos por questão em percentual

TABELA DO QUESTIONÁRIO PERCENTUAL							
No	QUESTÕES/ EMPRESAS	C1	C2	C3	C4	C5	%
1	Houve aumento da distribuição com o uso do CL?	70	60	50	70	75	65%
2	Houve diminuição dos custos de Armazenamento com o uso do CL?	40	45	40	35	45	41%
3	Houve diminuição dos custos de Transporte com o uso do CL?	55	60	42	50	55	52%
4	Houve aumento do Market Share com o uso do CL?	40	35	45	52	60	46%
5	Houve diminuição de Tempo de entrega aos clientes com o uso do CL?	45	25	35	40	45	38%
MÉDIA PERCENTUAL							49%
CLASSIFICAÇÃO							BOM

Figura7 - Distribuição das pontuações percentuais por questão dos 5 clientes



A tabela 5 e o figura 7 acima, que há vantagens no uso dos serviços dos CL, na visão dos clientes entrevistados e que o percentual da média das 5 empresas entrevistadas houve um equilíbrio nas repostas, mas a classificação ficou com o critério "BOM", ou seja, dentro do padrão do 1º questionário que verifica a visão do cliente quanto a qualidade do CL.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho destaca-se a importância das operações logísticas no cenário econômico, dentro do processo do mundo empresarial, bem como, a importância do armazenamento de cargas na formação de custo e preço logísticos para as empresas nacionais.

Neste cenário os condomínios logísticos são sem dúvidas opção, tanto para os PSL, como para as empresas em geral que precisam de instalações de armazenagem e fundamentalmente a minimização dos riscos diretamente ligados aos investimentos em ativos físicos. Em função disso pode-se notar que os PSL constituem os principais locatários de condomínios logísticos no Brasil sendo responsáveis pela ocupação de quase 50% das áreas em M<sup>2</sup> das plantas construídas no país.

Quando se analisa o mercado relativo plantas de condomínios logísticos, das regiões ou por região específica, verifica-se a necessidade de controle de como: inventário (m<sup>2</sup>), taxa de disponibilidade (%), absorção líquida (m<sup>2</sup>) e preço médio de locação (R\$/m<sup>2</sup>/mês). Levando em conta o mercado da região

nordeste, o estado de Pernambuco tem se destacado com grande crescimento da oferta e demanda por áreas em condomínios logísticos, principalmente nos seus municípios do entorno do e seus complexos industriais.

Por fim o estudo com entrevistas em cinco clientes que usam os serviços de um CL nas Regiões Norte/Nordeste, nos revelou que há

vantagens no que se refere a uso da estrutura, segurança da carga e principalmente a diminuição dos custos para as empresas usuárias do serviços, o que se dá em função da concentração das cargas em pontos únicos e uso dos recursos disponibilizados por eles como: tecnologia, mão de obra qualificada e a localização, mais próximo ao mercado consumidor.

## REFERÊNCIAS

- [1] BALLOU, R.H. Logística Empresarial: transporte, administração de materiais e distribuição física. São Paulo: Atlas, 2010.
- [2] INSTITUTO DE LOGÍSTICA E SUPPLY CHAIN – ILOS. Condomínios Logísticos no Brasil: a visão dos operadores logísticos. Rio de Janeiro: ILOS, 2016.
- [3] KIMIMOTO. Clayton e RELVA Luís Carlos. Condomínios logísticos: estudo de caso Bauru business park – 2014.
- [4] LAKATOS & MARCONI. M de Andrade, Fundamentos da Metodologia Científica \_ Técnica de Pesquisa – ED. Atlas, São Paulo, 2010.
- [5] MARINO, Silvia. Condomínios logísticos ganham a preferência do mercado. Revista Tecnológica. São Paulo: Publicare Editora, Ano XVIII, n.203, p.90-94, out.2012.
- [6] NOVAES, A. G. Logística e Gerenciamento da Cadeia de Distribuição: estratégias, operações e avaliações. Rio de Janeiro. Campus 2007.
- [7] POZO, H. Administração de Recursos Materiais e Patrimoniais: uma abordagem logística. 6ª Ed. São Paulo: Atlas, 2010.
- [8] REVISTA INTRA LOGÍSTICA. O que Atrai os Operadores Logísticos. São Paulo, Edição n.º 267, p. 12-13, janeiro, 2013.
- [9] REVISTA LOGÍSTICA. Condomínios e Operadores Logísticos: cada vez mais atraente. Disponível em: <http://www.imam.com.br/logistica/noticias/condominios-e-operadores-logisticos/230-condominios-logisticos-cada-vez-mais-atraente>. Acesso em 26/05/2014.
- [10] REVISTA LOGÍSTICA. Novos condomínios logísticos na Grande SP e Interior. Disponível em: <http://www.imam.com.br/logistica/noticias/condominios-e-operadores-logisticos/1772-novos-condominios-logisticos-na-grande-sp-e-interior>. Acesso em 10/10/2014.
- [11] REVISTA LOGWEB. Condomínios Logísticos: panorama para 2014 é positivo. São Paulo, Edição n.º 144, p. 18-21, fevereiro, 2014.
- [12] REVISTA MUNDO LOGÍSTICO. Guia de Condomínios Logísticos no Brasil. Curitiba, Edição n.º 39, Ano VII, p. 48-65, março/abril, 2014.
- [13] TECNOLOGÍSTICA. Pesquisa Aponta Crescimento do Mercado de Condomínios Logísticos. Disponível em: <http://www.tecnologistica.com.br/destaque/pesquisa-a-aponta-crescimento-do-mercado-de-condominios-logisticos/>. Acesso em 31/05/2014.

# Capítulo 3

## MELHORIA NO FLUXO LOGÍSTICO DE DESCARTE DE RESÍDUOS E REUTILIZAÇÃO DE INSUMOS: UM ESTUDO DE CASO

*Mario Fernando de Mello*

*Luiza Antônia Cunha*

*Nilson Josimar da Silva*

*Roberto Martins*

**Resumo:** Cada vez com mais frequência as indústrias metalúrgicas estão buscando desenvolver, melhorar e aprimorar seus processos, para que progressivamente sejam eficazes, com menor custo possível. Buscando sempre aumentar a qualidade de seus produtos e serviços, em função de um cliente cada vez mais exigente, otimizar processos é um dos caminhos para este objetivo. O presente trabalho analisa o conceito da melhoria de processos e a reutilização de insumos e tem como objetivo demonstrar as melhorias no setor de Logística de Manufatura onde visa tornar o processo de coleta de resíduos, através da movimentação e transporte da sucata provenientes da usinagem um processo mais eficaz. Tal melhoria permitirá o reaproveitamento e reutilização do fluido de corte que é proveniente do processo de usinagem. O estudo de caso foi realizado em uma metalúrgica, do ramo agrícola, localizada no Norte do estado do Rio Grande do Sul.

**Palavras chave:** Movimentação, Reutilização, Custos.

## 1 INTRODUÇÃO

A alta competitividade entre as empresas é propiciada pelo atual cenário do mercado, com elevada concorrência entre as organizações, devido as exigências impostas pelos seus clientes, dentre tais: menores custos de fabricação, produtos com maior qualidade, menor tempo de prazo de entrega do produto/serviços. Além disso com frequência o mercado impõe grandes desafios as organizações, como podemos destacar o ajustar dos seus processos para redução de tempos, a utilização máxima da capacidade produtiva, o aperfeiçoamento de produtos e a reutilização de insumos.

Diante disso o presente trabalho tem como objetivo demonstrar a otimização do processo logístico que visa tornar o processo de coleta de resíduos provenientes da usinagem um processo mais eficiente e assim minimizar os custos com transporte. Além, de fazer a reutilização do fluido de corte que é proveniente do processo de usinagem, pois a destinação de resíduos tóxicos gera um grande desafio, pois tem custo elevado quando este trabalho precisa ser terceirizado, sendo de grande aspensão a possibilidade da reutilização, diminuindo a necessidade da reposição ou destinação destes resíduos, sendo que o mesmo era descartado de forma incorreta.

Assim, o presente estudo será realizado em uma empresa de grande porte, do ramo de implementos agrícolas, está localizada no norte do Rio Grande do Sul.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo serão descritos alguns conceitos e referências para fundamentar o presente trabalho.

### 2.1. INTRODUÇÃO À LOGÍSTICA

Atualmente a logística é entendida como o processo de gerenciar estrategicamente a movimentação e armazenamento de materiais, bem como planejar e controlar de forma eficiente, ao menor custo, o fluxo de matérias primas e estoque durante o processo de produção de produtos acabados e semi-acabados, e também gerenciar de forma padronizada e com eficácia o fluxo de informações relativas a essas atividades, fazer a gestão de pessoas, máquinas e equipamentos, sempre pensando no

atendimento ao cliente final ao menor custo, com qualidade ao menor tempo possível.

Segundo Dias (2010) o sistema logístico engloba, suprimentos de materiais e componentes, a movimentação e o controle de produtos e o apoio ao esforço de vendas dos produtos finais, até a colocação do produto acabado no consumidor. A logística é hoje é dedicada a fazer o que for preciso para entregar os produtos certos, no local adequado, no tempo certo. Diante disso fazendo um planejamento estratégico e agindo de maneira lógica e inteligente, a logística entrega os produtos de maneira eficiente.

Para Ballou (1993) a logística é um assunto vital para as empresas, pois ela busca melhorar o nível de rentabilidade nos serviços de distribuição aos clientes e consumidores, através de planejamento, organização e controle efetivos de movimentação e armazenagem que visam facilitar o fluxo de produtos.

Segundo Moura, (2004, p. 12):

*A logística é o processo de planejamento, implementação e controle do fluxo eficiente e economicamente eficaz de matérias-primas, estoques em processo, produtos acabados, bem como serviços e informações associadas, cobrindo desde o ponto de origem até o ponto de consumo, como o objetivo de atender as necessidades e expectativas do clientes e/ou consumidor.*

#### 2.1.1. MOVIMENTAÇÃO

Para Fleury et al. (2000) mesmo com o avanço das tecnologias que permitem a troca de informações em tempo real, o transporte continua sendo fundamental para que seja atingido o objetivo logístico, que é o produto certo, na quantidade certa, na hora certa, no lugar certo ao menor custo possível.

A movimentação de materiais é extremamente importante para o processamento de peças e produtos, além disso desenvolver essa atividade no menor tempo de transporte é crucial, pois o custo resultante não agrega valor ao produto final. No entanto, é extremamente importante para a entrega ao cliente final.

Conforme Tavares (2017, p.105):

*O transporte é o movimento de materiais, ferramentas, equipamentos e produtos em*

uma operação logística ou de produção, e que se faz necessário pela própria natureza de operação. O transporte de recurso deve ser feito de maneira planejada e de forma a minimizar o tempo de deslocamento, para que não se torne uma atividade de alto custo que não agrega valor para o produto.

Ainda para Tavares (2017) O desperdício pode estar na movimentação de materiais desnecessariamente causados por um planejamento ineficiente da rota de distribuição pela existência de lacunas desnecessárias nos processos produtivos, que obrigam uma movimentação mais longa para o atendimento das necessidades da operação

### 2.1.2. LOGÍSTICA REVERSA

O principal objetivo da logística reversa é a reutilização de produtos que possuem condições de serem utilizados, podendo fluir no canal reverso e originar novos bens. Ou seja, é por meio da Logística reversa que produtos descartados, depois de atingirem o final de sua vida útil podem ser reaproveitados, assim minimizando custos de materiais e ambientais.

Conforme Leite (2003, p.22) a logística reversa é a área da Logística Empresarial que planeja, opera e controla o fluxo, e as informações logísticas correspondentes, do retorno dos bens de pós-venda e de pós-consumo ao ciclo de negócios ou ao ciclo produtivo, através dos canais de distribuição reversos, agregando-lhes valor de diversas naturezas: econômico, ecológico, legal, logístico, de imagem corporativa, entre outros.

A Logística Reversa é um meio para reintegrar produtos já consumidos dentro da cadeia produtiva, recuperando seu valor ou destiná-los a um descarte correto. A reintegração pode ser feita de pela reciclagem, o material indo para uma disposição final segura e controlada, considerando os lados social, econômico e do Meio Ambiente e pelo reuso (LEITE, 2003).

### 2.2. USINAGEM

A usinagem é uma forma de fabricação utilizada para criar objetos de metal. Durante este processo, os trabalhadores cortam materiais para alterar a aparência e forma de um produto, conforme requisito previamente

estabelecido. (MECANICA INDUSTRIAL, 2018).

Esta técnica envolve efetivamente a metalurgia de muitos tipos de processos que podem ser utilizados para dar a forma desejada ao metal e ao acabamento. (MECANICA INDUSTRIAL, 2018).

O fluido de corte é aquele líquido aplicado na ferramenta e no material que está sendo usinado, com a finalidade de facilitar a operação do corte. Os fluidos de corte são utilizados na indústria com a função de refrigerar, lubrificar, proteger contra a oxidação e limpar a região da usinagem. (MECFLUX,2017)

### 2.3. CUSTOS

Uma das indispensáveis exigências para as empresas prosseguirem dominantes no mercado, é conhecer seu sistema de custos, o sucesso existe para as empresas que buscam a minimização de custos, a maximização de recursos disponíveis, sempre acompanhado da melhoria contínua de processos.

Para Oliveira (1993, p. 35) a informação é de fundamental importância para as empresas, sendo o propósito básico, favorecer a organização a atingir seus objetivos utilizando de forma consciente os recursos disponíveis, reforça que a eficiência da informação é calculada através do custo para obtê-la e o valor agregado que virá através da sua utilidade, e sua utilidade só será possível se a informação produzida chegar a tempo hábil para a tomada de decisão

Conforme Dutra (2010) Custo: é o valor dos bens e/ou serviço consumidos na produção de um produto ou serviço. Custo é o valor aceito do comprador para adquirir um bem ou é a soma de todos os valores agregados ao bem desde sua aquisição.

Bornia (2010) relata que os custos de fabricação são os valores dos insumos usados na fabricação dos produtos da empresa. Exemplos desses insumos são: materiais, trabalho humano, energia elétrica, máquina e equipamentos, entre outros.

### 3. METODOLOGIA

Para análise e desenvolvimento do estudo a empresa escolhida atua no ramo de produção de implementos agrícolas, considerada uma

indústria de grande porte, está situada no norte do estado do Rio Grande do Sul.

A característica do estudo realizado será uma pesquisa de natureza exploratória, do tipo estudo de caso, com características de coleta de dados, posterior análise e melhorias implementadas. Para Yin (2010) estudo de caso é investigação empírica de um fenômeno contemporâneo em seu contexto de vida real onde o investigador enfrentará circunstâncias técnicas e distintas em função do fenômeno real.

O estudo foi realizado na empresa pesquisada nos meses de setembro a dezembro de 2017, nos setores de Logística de Manufatura I e Usinagem. A análise do conteúdo se sucedeu da seguinte maneira: análise dos dados coletados, acompanhamento dos processos, e análise dos relatórios fornecidos pelo Sistema Integrado de Gestão.

A presente pesquisa tem como objetivo demonstrar as melhorias no setor de Logística de Manufatura onde visa tornar o processo de coleta de resíduos, através da movimentação e transporte da sucata provenientes da usinagem um processo mais eficaz. Além disso promover o reaproveitamento e reutilização do fluido de corte que é proveniente do processo de usinagem.

## 4. RESULTADOS

Neste capítulo serão descritos o processo atual e as propostas de melhorias a serem implementadas no processo.

### 4.1. DESCRIÇÃO DO PROCESSO

O processo de usinagem é basicamente a remoção de uma certa quantidade de material com auxílio de uma ferramenta de corte, obtendo-se assim peças com formas e dimensões desejadas. Neste processo considerado desbaste é produzido a

chamada limalha de usinagem, ou cavaco de usinagem que é a sobra retirada do material. Para que aconteça a remoção do material utilizando a ferramenta de corte é necessário a utilização de um fluido de corte, ou seja, um líquido lubrificante e refrigerante afim de reduzir o atrito entre a ferramenta e a superfície de corte e também diminuir a temperatura neste processo.

A partir da geração do cavaco de usinagem, ou seja, um resíduo sólido que deve ser descartado e enviado para sucata, a logística de manufatura I, que é responsável pela movimentação de materiais entre processos em uma planta fabril, tem como atividade diária, fazer o recolhimento deste resíduo no setor de usinagem e levar o mesmo para um local de descarte, ou seja, um contêiner de sucata que está na área externa do pavilhão. O cavaco de usinagem é movimentado através de um rebocador elétrico utilizando caixas metálicas com vedação para evitar o vazamento do fluido de corte.

### 4.2 DESCRIÇÃO DOS PROBLEMAS

A partir do acompanhamento in loco do processo de geração do cavaco de usinagem, e também do processo logístico de movimentação, e do fluxo logístico, até o local de descarte no contêiner de sucata, foi possível verificar os principais problemas encontrados no processo. Sendo eles:

**Fluxo logístico incorreto:** A movimentação do rebocar elétrico juntamente com as caixas de sucata, estava sendo prejudicada pela maneira que o operador do rebocador estava escolhendo o fluxo, ou seja ele tinha dificuldade em sair para a parte externa do pavilhão, pois por diversas vezes a porta por onde ele deveria passar com o comboio de caixas estava interrompido. A figura 1, demonstra o corredor que dá acesso a parte externa totalmente interrompida com muitos materiais.

Figura 1 - Fluxo interrompido



Fonte: Autores (2017)

**Tempo e distância elevado no processo:**

Conforme descrito anteriormente o operador logístico, tinha dificuldade em sair para a parte externa do pavilhão, isso ocorria devido a forma que o operador logístico recolhia as caixas com a sucata no setor de usinagem, e também pelo fato do corredor estar obstruído, além disso o contêiner que recebe e armazena toda essa sucata ficava a 290 metros de distância do local de coleta. Este fluxo com o recolhimento do cavaco de usinagem ocorre 3 vezes ao dia e o tempo gasto em cada operação é de 7,27 minutos.

**Contêiner de sucata a céu aberto e em contato com o solo:** Conforme é observado na

figura 2, o contêiner de sucata ficava a céu aberto o que indica, que toda a água da chuva fica armazenada nele e com isso acabava escoando para o solo juntamente com o fluido de corte que é descartado junto com a limalha de usinagem. Este vazamento, ocorria por que o contêiner de sucata ficava diretamente em contato com o solo, ou seja, com o asfalto e por não possuir contenção a água da chuva e fluido de corte acabavam se misturando e indo diretamente para o solo, o que poderia ocasionar uma multa para a empresa por poluição ambiental.

Figura 2 - Contêiner



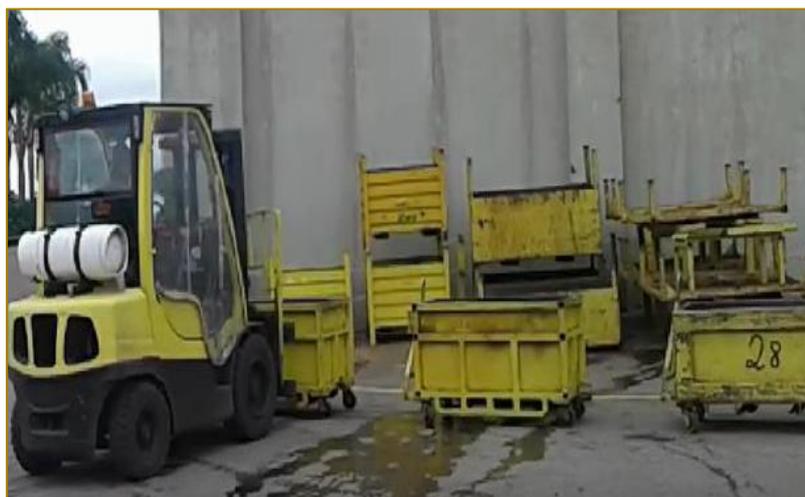
Fonte: Autores (2017)

### Falta de ergonomia para operador logístico:

Por ser um terreno íngreme e devido ao fato das caixas com a limalha de usinagem serem viradas no contêiner de sucata com uma empilhadeira, o operador por diversas vezes tinha que posicionar as caixas de maneira que elas ficassem na posição correta para a

empilhadeira fazer o transbordo no contêiner, isso acabava com que operador logístico tivesse cansaço e fadiga muscular, devido ao esforço físico durante a jornada de trabalho. A figura 3 mostra as caixas posicionadas para que o operador de empilhadeira a gás possa vira-las no contêiner.

Figura 3- Caixas no terreno íngreme



Fonte: Autores (2017)

### 4.3 LEVANTAMENTO DOS DADOS

Para o levantamento dos dados foi realizado um acompanhamento in loco do processo, onde observou-se o fluxo do rebocador elétrico com as caixas de limalha de usinagem, os tempos de movimentação e a distância percorrida, além da utilização do fluido de corte no setor de usinagem. Para que tal dados fossem levantados com confiabilidade foi verificado o layout interno da

fábrica para a conferência do fluxo, o método de cronoanálise para a verificação dos tempos e uma trena digital para medir a distância percorrida, e para levantamento do gasto com o fluido de corte foi retirado um relatório de consumo mensal utilizando o sistema integrado de gestão da empresa. A tabela 1 mostra os dados levantados:

Tabela 1 - Dados do processo

Distância percorrida	Tempo	Fluido de Corte (mês)	Custo do Fluido (mensal)
290 metros	7,27minutos	16000l	R\$: 9.280,00

Fonte: Autores (2017)

A distância percorrida mencionada na tabela 1 trata-se do intervalo entre o setor de usinagem onde é feito o recolhimento da limalha até o destino do cavaco em um contêiner que está localizado na parte externa do pavilhão.

É importante destacar, que este processo de recolhimento da limalha no setor de usinagem, a movimentação das caixas com a limalha até o contêiner de sucata ocorre três vezes ao dia, ou seja na primeira hora da manhã, as 15 horas e a outra conforme à

necessidade diária e são levadas em média 10 caixas com limalha em cada operação.

Fluido de Corte quantidade e custo, é o liquido lubrificante responsável por refrigerar a máquina, os dados foram obtidos através de um relatório no sistema integrado da empresa a quantidade consumida mensal, bem como o custo desse consumível.

#### 4.4 PROPOSTA DE MELHORIA

A partir do acompanhamento do processo, foi possível fazer levantamento dos principais problemas encontrados e também o levantamento dos dados como distância percorrida, tempo de movimentação e custos. Diante, foi possível sugerir melhorias para redução do tempo de movimentação, melhorias no fluxo logístico para que seja mais eficiente, e reaproveitamento do fluido para que tenha redução de custo neste insumo. Além disso, a importância de desenvolver um sistema de armazenagem eficaz, para os resíduos de usinagem (cavaco), com a utilização de uma plataforma que serve como base para apoio de

contêineres e absorção do fluido de refrigeração de corte, desta forma evitando que o fluido de corte escoar para o meio ambiente, assim prevenindo possíveis danos ao meio ambientais.

#### 4.5 REDUÇÃO DO TEMPO LOGÍSTICO E FLUXO LOGÍSTICO.

Ao analisarmos o layout externo da fábrica, verificou-se a existência uma área próxima ao local de coleta, que não estava sendo utilizada por nenhum outro setor da empresa. Este novo local fica a 58 metros do local de coleta, ou seja, a usinagem, diminuindo assim a distância, e também o tempo gasto para efetuar o transporte até o novo local de transbordo. A redução do tempo também se deu ao fato do operador logístico não ter mais o corredor de acesso a saída obstruída, pois seu fluxo foi alterado, não precisando mais esperar liberar o corredor para realizar a sua operação. A figura 4 demonstra o fluxo livre de empelinhos.

Figura 4 - Acesso a porta externa



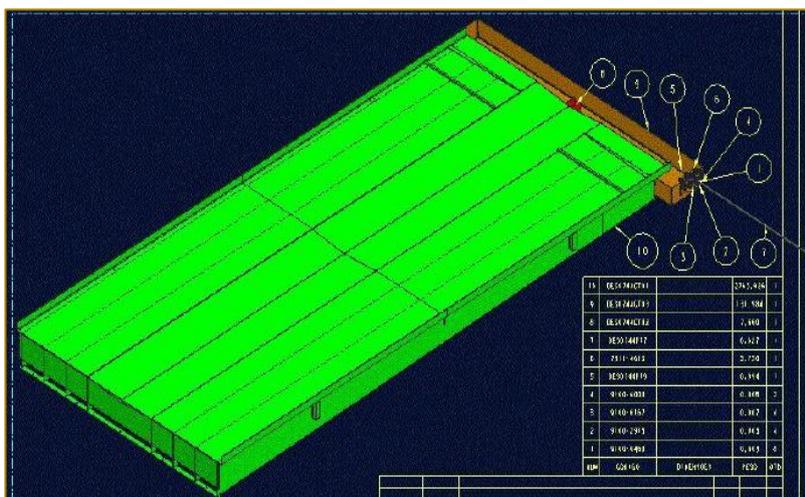
Fonte: Autores (2017)

#### 4.6 BASE PARA ALOCAÇÃO DO CONTÊINER

Foi desenvolvida uma base com uma inclinação de 15°, para que por meio de gravidade, todo fluido liquido, seja separado da sucata, a base foi criada e adaptada a partir de uma plataforma metálica que estava

fora de uso, a mesma foi reestruturada, utilizando sobras de Matéria Prima que não tinha mais uso em linha de produção. Sua capacidade é de suportar até 8 toneladas, sabendo que o peso máximo do contêiner é em torno de 6 toneladas. A figura 5 demonstra o desenho técnico da plataforma.

Figura 5 - Base para alocação do contêiner

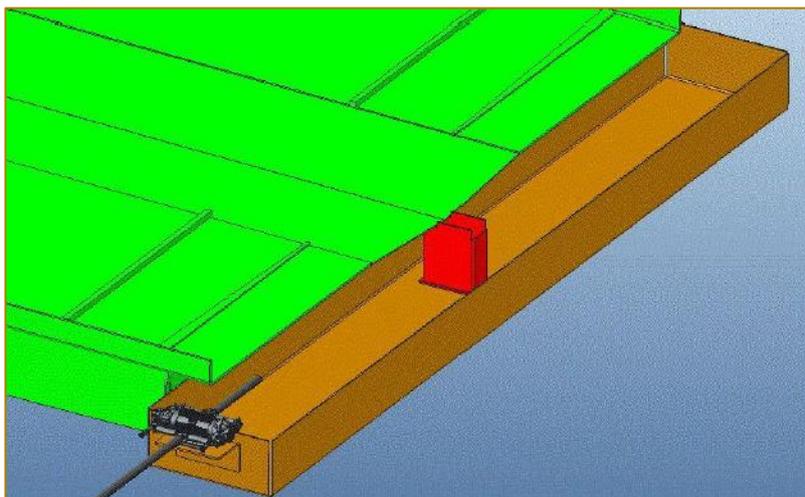


Fonte: Autores (2017)

Durante as análises foi observado e detectado um problema ambiental no qual o fluido de corte por falta de contenção, vazava do contêiner e acabava diretamente em contato com solo, situação essa que se agravava em dias de chuva, então observou-se a necessidade de desenvolver um sistema de captação, contenção do fluido assim como a necessidade de proteger essa estrutura da chuva, com o intuito de não aumentar o volume de líquido dentro do contêiner.

Para melhor aproveitamento do fluido de corte, foi desenvolvido e instalado um sistema de captação e contenção deste fluido que através de uma bomba elétrica, será captado da caixa de contenção com capacidade de 40 litros e armazenado em um reservatório de 1000 litros. Posteriormente todo produto captado, é destinado ao setor de Usinagem para reaproveitamento. A figura 6 mostra a caixa de contenção com capacidade de 40 litros.

Figura 6 - Caixa de contenção

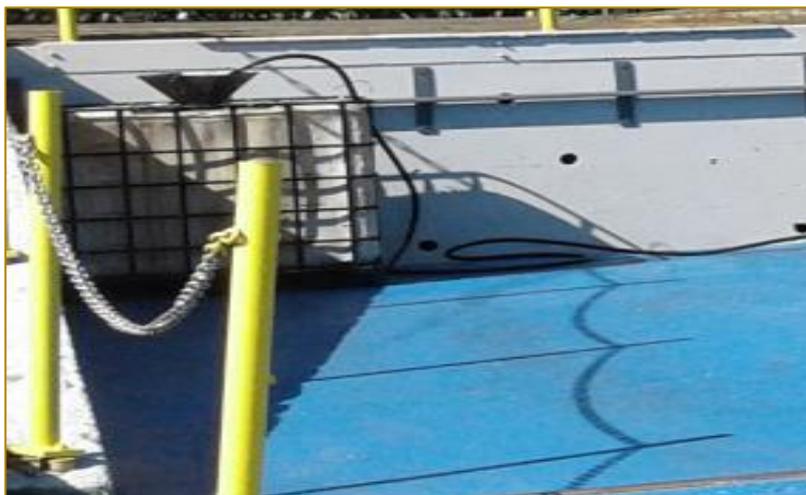


Fonte: Autores (2017)

Conforme descrito anteriormente, todo fluido de corte captado através da caixa de contenção, é armazenado em reservatório de 1000 litros, para o reaproveitamento deste fluido no setor usinagem, é necessário apenas

verificar o PH do fluido de deve estar entre 1 e 4, caso não esteja, deve somente acrescentar mais fluido de corte novo que ainda não foi utilizado. A figura 7 mostra o reservatório de 1000 l que foi instalado.

Figura 7- Reservatório



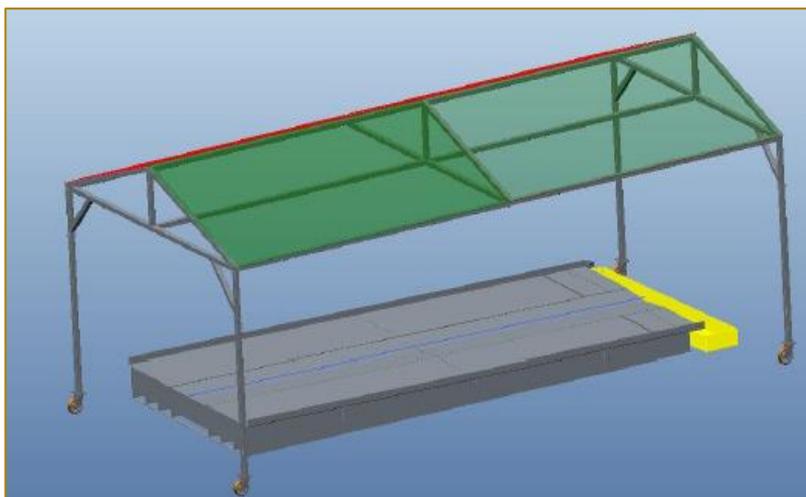
Fonte: Autores (2017)

#### 4.7. DESENVOLVIMENTO UM SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA A CHUVA.

Com a limitação física em pavilhões e locais que possuem telhados, foi pensado em desenvolver uma forma de proteger a base do contêiner contra a chuva, foi encontrado na empresa uma estrutura metálica ociosa, a qual estava fora de uso. A mesma foi reformada e adaptada para a necessidade, que além de proteger contra a chuva, possibilita o acesso da empilhadeira para o

transbordo da sucata no contêiner, assim como a troca do contêiner para o destino final, hoje é utilizado caminhões com sistema rollon para a movimentação dos mesmos. Portanto o telhado terá sistema de rodízios, que possibilite seu deslocamento para ambas as laterais, de forma prática e eficiente. A figura 8 demonstra o desenho técnico do telhado móvel.

Figura 8 - Telhado móvel



Fonte: Autores (2017)

#### 4.8. MELHORA NA ERGONOMIA DO OPERADOR

Como o terreno onde estava localizado o contêiner era íngreme o operador precisava fazer um grande esforço físico para o

direcionamento das embalagens em uma posição para que empilhadeira pudesse acessar e manusear a caixa. Na melhoria proposta o novo local, o terreno é plano conforme a figura 9, eliminando a

necessidade do manuseio manual da embalagem, extinguindo a fadiga do operador e riscos de acidentes que poderiam decorrer

do fato de manusear embalagens em local íngreme.

Figura 9 - Terreno plano



Fonte: Autores (2017)

#### 4.9 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

É importante ressaltar os ganhos obtidos, após a implementação das melhorias propostas acima descritas, conforme a tabela

2 mostra os dados levantados após a implementação das melhorias:

Tabela 2- Dados após a melhoria de processo

Distância percorrida	Tempo	Fluido de Corte (mês)	Custo do Fluido (mensal)
58metros	3,12minutos	14000l	R\$: 8.120,00

Fontes: Autores (2017)

Para uma melhor explicação dos ganhos quantitativos, pode-se observar na tabela 3, que conforme o passar do tempo, a melhoria nos custos e tempos se faz ainda maior, é importante salientar, que o ganho em redução de custo em um ano representou R\$15.531,60, sendo reduzido 57% de

melhorias em tempo de movimentação e minimizado 12,50% em custo com fluido. Além disso, considerando as três operações diárias da movimentação do rebocador temos um ganho de 12,45 min ao dia, sendo que este operador realiza outras atividades que antes as melhorias ficavam pendentes.

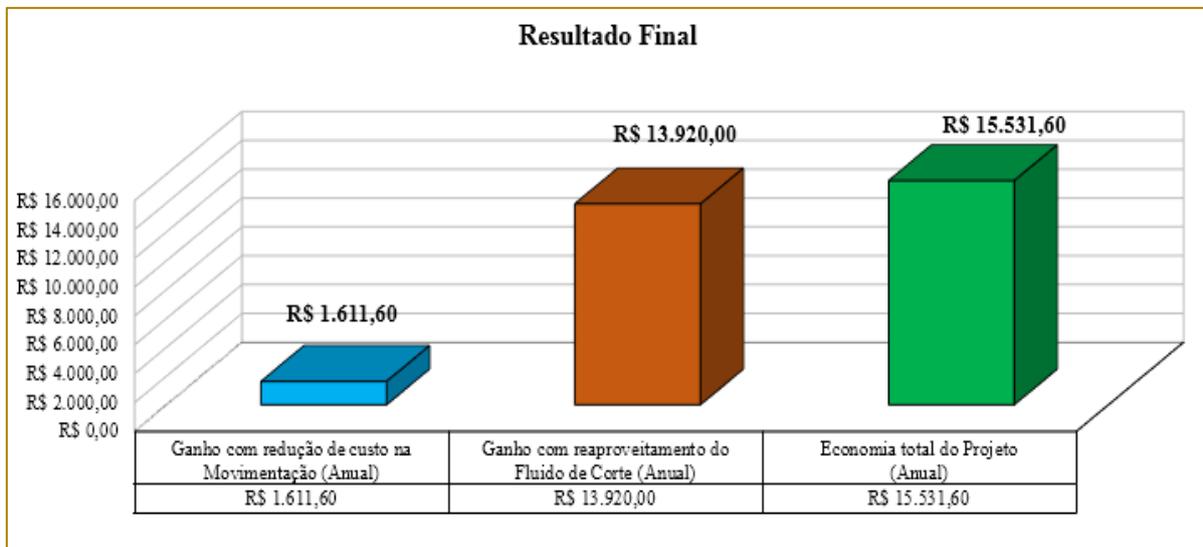
Tabela 3 - Resultados das melhorias implementadas

	Processo Antigo		Processo Novo	
<b>Custo hora logistica R\$:32,34/60min=R\$:0,54min</b>				
Descrição	Tempo	Valor	Tempo	Valor
<b>Processo de Movimentação da Sucata</b>	00:07:27	R\$ 3,92	00:03:12	R\$ 1,84
<b>A operação é executada 3 vezes ao dia</b>				
Total por dia	00:22:21	R\$ 11,78	00:08:39	R\$ 4,53
Total por mês, sendo 20 dias úteis	07:27:00	R\$ 240,96	04:48:00	R\$ 155,28
Total por mês ano	87:24:00	R\$ 2.826,54	37:34:00	R\$ 1.214,94
	Processo Antigo		Processo Novo	
<b>Custo do Litro de Fluido de Corte R\$:0,58l</b>				
Descrição	Quant. em litros	Valor	Quant. em litros	Valor
Fluido de Corte utilizado por mês	16000	R\$ 9.280,00	14000	R\$ 8.120,00
Fluido de Corte utilizado por ano	192000	R\$ 111.360,00	168000	R\$ 97.440,00

Fonte: Autores (2017)

O gráfico 1 mostra os ganhos obtidos com as melhorias implementadas no período de 1 ano.

Gráfico 1 - Resultado final



Fonte: Autores (2017)

Vale apenas lembrar dos ganhos em melhorias qualitativas. Conforme a figura 10 onde fica o novo local que foi alocado o contêiner de sucata, este novo local conforme descrito tem uma base com uma inclinação de 15°, para

que todo fluido líquido, seja separado da sucata, desenvolvido um sistema de captação e contenção, além de ser colocado um reservatório para armazenamento do fluido e telhado móvel.

Figura 10 - Novo local de armazenamento de resíduos



Fontes: Autores (2017)

Também como melhorias é necessário destacar a importância do sistema desenvolvido de armazenamento do fluido, pois agora ele não escorre mais no solo, não tendo mais perigo de contaminação do solo e multas ambientais. Além disso, a ergonomia dos colaboradores melhorou muito pois agora com o novo local e com a base inclinada ele não precisa mais fazer esforço, melhorando sua saúde, integridade e prevenindo de doenças ocupacionais.

## 5. CONCLUSÃO

Considerando o aumento da competitividade do mercado atual, melhorar processos é cada vez mais necessário na busca de redução de custos, minimização de tempos, reutilização de insumos e maior proteção à saúde e integridade dos colaboradores, assim sempre buscando ser um diferencial dentro do mercado estratégico.

Comprova-se que a utilização de pesquisa exploratória para resolução de problemas, traz muitos benefícios, como: o conhecimento do processo, evidências das rotinas da

fábrica, bem como análise e posterior sugestão e aplicação de melhorias.

O atingimento do objetivo proposto pelo estudo que foi desenvolver melhorias para redução de tempo e distância do transporte da sucata, no setor de Logística de Manufatura, tornou o processo de coleta de resíduos mais eficiente. Além disso, promover o reaproveitamento e reutilização do fluido de corte que é proveniente do processo de usinagem traz benefícios à empresa e ao meio ambiente.

Foi evidenciado que a interação entre os setores foi decisiva para os resultados obtidos. Os resultados obtidos são de 80% de redução de distância percorrida (em metros) e 57% de redução de tempo de transporte (em minutos) cada vez que o rebocador leva a sucata do setor de usinagem ao contêiner. Evidenciou-se, também, 12,50% de redução de custo com fluido mensal. Além disso, podemos destacar melhorias qualitativas na ergonomia, saúde, integridade do operador e ganhos ambientais pela proteção e vedação do fluido, uma vez que o mesmo não é mais escoado no solo.

## REFERÊNCIAS

- [1] BALLOU, Ronald H. Logística empresarial: transportes, administração de materiais e distribuição física. São Paulo: Atlas, 1993.
- [2] BORNIA, Antônio Cezar. Análise Gerencial de Custos: Aplicação em empresas modernas. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

- [3] DIAS, Marco Aurélio P. Administração de materiais: Uma Abordagem logística. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

- [4] DUTRA, René Gomes. Custos: Uma Abordagem Prática. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

- [5] FLEURY, P.F.; WANKE, P.; FIGUEIREDO, K. F. Logística empresarial: a perspectiva brasileira. São Paulo: Atlas, 2000.
- [6] LEITE, Paulo Roberto. Logística reversa – meio ambiente e competitividade. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.
- [7] LEITE, Paulo R. Logística reversa: meio ambiente e competitividade. São Paulo, Prentice Hall, 272 p. 2003.
- [8] MECANICA INDUSTRIAL.O que é usinagem. Disponível em: <https://www.mecanicaindustrial.com.br/420-o-que-e-usinagem/>. Acesso em: 06 de abril de 2018.
- [9] MECFLUX. A Importância do Fluido de Corte. Disponível em: <http://www.mecflux.com.br/a-importancia-do-fluido-de-corte/> >. Acesso em: 06 de abril de 2018.
- [10] MOURA, Cássia. Gestão de Estoques: Ação e Monitoramento na Cadeia de Logística Integrada. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna, 2004.
- [11] OLIVEIRA, D. de P. R. Sistemas de informações gerenciais: estratégias, táticas operacionais. 2. ed. São Paulo: Atlas, 1993.
- [12] TAVARES, Paulo R. S. Logística lean: aplicando as ferramentas lean na cadeia de suprimentos para gestão e geração de valor. 1.ed. Maringá, PR: Mag Editora, 2017.
- [13] YIN, Robert K. Estudo de caso: planejamento e métodos.4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.

# Capítulo 4

## *A IMPORTÂNCIA DO GERENCIAMENTO DE ESTOQUE: UM ESTUDO DE CASO SOBRE GARGALOS ENCONTRADOS EM UM SUPERMERCADO DE ARAGUAÍNA –TOCANTINS*

*Diogo Gomes de Almeida da Silva*

*Lyllyan Appollyana Nercilia Martins*

*Thais Sousa Almeida*

**Resumo:** A gestão de estoque ao longo dos anos, evoluiu gradativamente trazendo novas técnicas de aprimoramento na administração de materiais, para ajudar os administradores a controlar a demanda de produtos, para evitar perdas com armazenagem e a solucionar problemas ao longo do processo. Para os gestores da produção, se faz necessário o conhecimento holístico sobre estoque, pois todo e qualquer estoque indica capital parado, ou seja, se não há gerenciamento da movimentação das mercadorias os níveis de estoque podem sofrer oscilações do previsto no mesmo período impactando diretamente na lucratividade da empresa. Diante deste contexto, o presente trabalho propôs um estudo de caso realizado em um supermercado da cidade de Araguaína -TO, com objetivo de “propor um aprimoramento gerencial no estoque com intuito de minimizar perdas”. A metodologia utilizada foi o estudo de caso com abordagem qualitativa. Com essa pesquisa foi possível identificar as principais perdas e os impactos que estas geram no estoque e seu impacto na receita da empresa. Durante o período de observação realizado, no setor de estoque da empresa, foi possível identificar uma maior rentabilidade da receita do estabelecimento. Os resultados apresentados respondem às dúvidas levantadas pelos autores pertinentes ao gerenciamento de estoque em um supermercado e com isso é sugerido possíveis melhorias para elucidar as falhas observadas, tais como mapeamento rigoroso do processo, juntamente com a organização do layout e realização do levantamento de inventário trimestral.

**Palavras-chave:** Estoque, Gerenciamento de estoque, Supermecado

## 1. INTRODUÇÃO

O objetivo das organizações é a máxima obtenção do lucro. Visando isto, elas priorizam a movimentação do capital, para que o mesmo não fique inerte. A gestão de estoque é uma ferramenta imprescindível atualmente, pois ajuda o gestor a encontrar o equilíbrio entre produção, estoque e demanda.

De acordo com Graelm; Peinado (2007) após a Segunda Guerra Mundial, o sistema de produção tradicional, se tornou mais complexo, pois nesse pós-guerra trouxe a necessidade de produzir com maior variedade e em lotes menores.

Um dos principais afetados pela falta de gerenciamento de estoques são as redes de supermercados. A falta de supervisão e controle de estoque sempre acarretam em perdas para os comerciantes, tais perdas se tornam mais expressivas (ABRAS, 2017).

Os autores pretenderam neste estudo propor um aprimoramento gerencial no estoque com intuito de minimizar perdas em um supermercado na cidade de Araguaína – TO.

Ao analisar a empresa estudada, foi possível descobrir os principais gargalos encontrados no estoque da empresa e com isso propor as melhorias que acarretaria em resultados positivos para a organização. Através das observações feita no estoque, constatou-se que a maioria desses problemas eram causados devido a falta de organização do layout do estoque.

Ao falar de um assunto importante e vasto, vê-se que o controle de estoque é um hiato entre a gestão de ativos de uma organização e a permanência da sua imagem em fornecer e disponibilizar produtos aos seus clientes.

Verificaram a necessidade de monitoria contínua da movimentação de estoque através de ferramentas específicas para esta área, proporcionando benefícios a empresa e o aumento da sua lucratividade.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 HISTÓRIA DA ADMINISTRAÇÃO DE MATERIAIS

Fernandes (1987) fala que a administração de materiais, é vista desde os primórdios, de forma introdutória. O instinto de sobrevivência é uma preocupação inerente ao ser humano em tempos de escassez de recursos, a única

fonte de comida existente seria por ele devidamente estocada. Esse fato geralmente se dava através de trocas de caças e materiais de uso doméstico e na comercialização de mercadorias.

Atualmente a administração dos materiais vem sendo trabalhada de forma mais metódica e complexa. Para Chiavenato (2007) a administração é o ato de exercer qualquer atividade ou função sob o comando de outra pessoa.

### 2.2 FUNÇÕES DOS ESTOQUES

Santana (2014) fala que as funcionalidades mais presentes nas empresas dos estoques são:

- a) Assegurar à empresa, que se caso haja atraso no fornecimento de determinado componente, a produção não será impactada;
- b) Ser versátil no atendimento de necessidades e oferecer redução de custos na aquisição ou formação de lotes econômicos.

### 2.3 GERENCIAMENTO DE ESTOQUE

Para Vago et al (2013) a gestão de estoque na cadeia de suprimentos é fundamental na gestão competente dos inventários das empresas públicas e privadas. O não controle desses materiais, poderá acarretar em falta e consequentemente impactar no funcionamento da organização.

E o mesmo autor fala que o principal objetivo de gerenciar os estoques de uma organização é garantir que se possa atender a demanda, isto é, ter o produto no lugar certo e na hora certa que o cliente solicitar. Para que esse processo de atendimento seja realizado, a logística reúne três das suas principais áreas: logística de gestão de suprimentos, logística de planejamento e controle da produção da empresa e logística de distribuição dos produtos físicos.

### 2.4 FERRAMENTAS DE GESTÃO DE ESTOQUE

#### 2.4.1 CURVA ABC

A principal característica da curva segundo Martins; Campos (2009) é averiguar minuciosamente o estoque da empresa. Essa

sondagem é feita de 6 a 12 meses a depender da empresa com foco no consumo, custo ou disponibilidade dos produtos armazenados. Após a realização dessas etapas os gestores terão consciência da representatividade monetária de todos os itens e com isso atingir o objetivo fundamental da curva que é demonstrar quais são os produtos responsável por gerar o maior faturamento para a organização.

#### 2.4.2 INVENTÁRIO FÍSICO

Martelli; Dandaro (2015) o inventário de produtos baseia-se no levantamento físico de todos os itens estocados e em seguida se realiza a comparação com o valor contábil. A importância dessa ferramenta é garantir que não haja diferença físico/contábil na organização e assegurar que os programas de manufatura (MRP, MRP II e ERP) determinem as quantidades corretas para os níveis de estoque.

#### 2.5 SAZONALIDADE DE DEMANDA

Para Mancuzo (2003) a sazonalidade de demanda é ocasionada geralmente em produtos de giro alto. Esta peculiaridade é atribuída pelos efeitos das oscilações sazonais de saída e fornecimento. Por isso se faz importante o conhecimento aprofundado dessas previsões.

Reisner (2015) fala que tal ferramenta é utilizada para produtos de hortifruti como frutas, verduras e legumes e é determinante para sua comercialização, tendo em vista o curto prazo que esses alimentos têm de se manter em boa qualidade.

#### 2.6 ARMAZENAGEM

Segundo Souza; Mello (2014) a armazenagem mostra-se com uma das atividades que agregam ao sistema logístico, pois no seguimento de suprimentos é importante seguir um sistema de armazenagem lógico. No desenvolvimento de produção, são encontrados estoques de produtos que estão em processo. Para que essas mercadorias sejam distribuídas, tem-se a necessidade de armazenagem de produto terminado às vezes, a mais complicada em termos logísticos, por requerer ampla velocidade no procedimento e versatilidade para acatar as exigências e flutuações do comércio.

#### 2.7 CÂMARA FRIA

Uma ferramenta muito utilizada na armazenagem e refrigeração dos hortifrúti é a câmara fria, para Krupp (2014) a instalação de câmaras frias não está associada apenas a formação de alto custo, porém é necessário que o valor que se pode agregar a esses produtos proporcionando um prolongamento maior da sua qualidade, aumentando o tempo de comercialização e reduzindo as perdas.

#### 2.8 FERRAMENTA 5S

Paladini (2004) diz que uma das ferramentas japonesas muito utilizadas ainda hoje é a ferramenta 5s, que foi desenvolvida em meados de 1950, no Japão e relaciona-se cinco palavras com as iniciais S. O termo senso se refere a mudanças culturais e comportamental das pessoas envolvidas no processo buscando sempre melhorar o âmbito de trabalho.

“O 5s é um processo educacional com base fundamental para a qualidade, com conceitos de saber usar, saber arrumar, saber zelar, saber cuidar da saúde e saber respeitar” (TIGRE et al. p.3497, 2017)

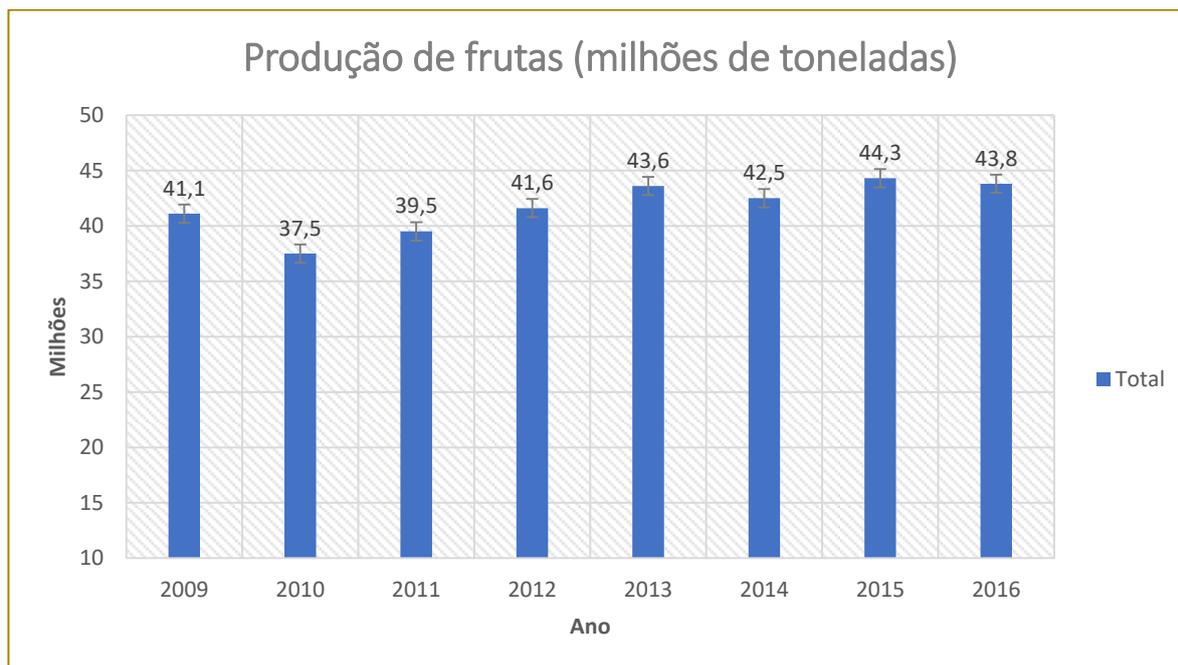
#### 2.9 HORTIFRUTI

Scognamiglio (2017) fala que o Brasil está na terceira posição no ranking de maiores produtores de frutas no mundo, e nos últimos anos ultrapassa a produção de 40 milhões de toneladas e com foco na produção interna exporta somente 3% do que produz mostrando a importância de um bom gerenciamento e armazenamento de produtos desse segmento.

##### 2.9.1 ACONDICIONAMENTO DE HORTIFRÚTI

Foscaches (2012) fala que a finalidade de acondicionar frutas, verduras e legumes é garantir a conservação e propriedade dos produtos até que sejam destinados ao local de vendas. A armazenagem correta é essencial para manter as atividades biológicas das frutas, legumes e verduras (FLV) em funcionamento e garantir sua qualidade por um maior tempo.

Figura 1: Gráfico de produção de frutas no Brasil ao longo dos anos



Fonte: Confederação Nacional da Agricultura, 2016

### 3 METODOLOGIA

A pesquisa apresentada baseia-se nos ensinamentos dos autores referidos na revisão de literatura, o setor comercial está de acordo com as informações expostas no trabalho. Para a metodologia foi utilizado o estudo de caso.

A forma de abordagem da pesquisa caracterizou-se qualitativa. Através do estudo de caso pode-se coletar dados com a observação do estoque da empresa com objetivo de descobrir quais as falhas existentes no gerenciamento de estoque.

Esta pesquisa foi realizada em um supermercado localizado na cidade de Araguaína – Tocantins. Com base nas informações repassadas pelo gerente do supermercado, a empresa atua no ramo alimentício desde 2007.

#### 3.1 ESTUDO DE CASO

No dia 24 de fevereiro de 2018 foi realizado a coleta de dados do proposto trabalho pelos autores utilizando o método de observação, no setor de estoque de um supermercado da cidade de Araguaína Tocantins.

Foi constatado três problemas significativos para a formação de perdas de produtos em armazenagem para a empresa. A falta de

mapeamento do processo, a ineficiência na estocagem dos produtos de hortifruti e a desorganização no layout do estoque.

Nas observações feitas pelos autores foi perceptível a ausência de local adequado para cada segmento de produtos. Os portas pallet continham materiais de limpeza junto a produtos do gênero alimentício, itens de alto giro localizados em local inadequado dificultando sua retirada e a movimentação dos funcionários. Carrinhos de supermercados sendo usado para armazenar frutas e verduras em meio ao estoque sem qualquer possibilidade de aumentar a durabilidade dos produtos e garantir maior tempo de consumo.

Outro gargalo descoberto foi a câmara fria que necessita de um espaço maior para suportar a demanda, fazendo com que o acúmulo de hortifruti fique acima da capacidade, trazendo perdas por mau manuseio das caixas e pelo tempo de espera para ser levado até a área de venda.

Já no mapeamento de processo, a empresa possui um setor específico de recebimento e conferência de todos os produtos que são enviados pelos seus fornecedores. O lançamento de notas fiscais é feito de imediato, porém o fator causador do problema é quando a mercadoria é acondicionada, não havendo local que possa fazer a separação

dos produtos em estado de conservação melhor ou que tenha data de validade mais longa.

#### 4. ANÁLISE DOS PROBLEMAS ENCONTRADOS

Existem inúmeros fatores que determinam o sucesso na área comercial, e um desses está ligado de forma direta ao atendimento diferenciado que o estabelecimento oferece aos consumidores. No que tange o gerenciamento de estoque, esses fatores irão auxiliar o correto fornecimento de produtos para o mercado consumidor deixando seus clientes satisfeitos.

O planejamento de compra é determinado a partir da coleta de informações pela área responsável para finalizar todo o pedido. Porém, esta função não é fácil e é fundamental a correta determinação dos apontamentos de estoques físicos e contábil.

Para que as empresas tenham uma maior vida útil, é preciso se destacar entre as concorrentes, implementando ferramentas capazes de estipular os níveis de estoques favoráveis, produtos com maior giro de estoque, mercadorias diversificadas e atendimento diferenciado.

Dentro desse contexto os autores observaram que o supermercado no qual fizeram o estudo de caso apresentou algumas falhas devido à falta de gestão de estoque e que podem propor algumas melhorias. A empresa estudada é do ramo alimentício e atua a mais de 11 anos na cidade de Araguaína. Tem significativa participação na economia do município, gerando renda a mais de 52 funcionários e contribuindo para o emprego indireto.

O supermercado atualmente, faz uso de inventário anual e isso afeta negativamente o poder de compra da empresa sendo que no período de balanço, a empresa fica aproximadamente três dias sem

funcionamento devido à grande mobilização de funcionários.

Além da influência do poder de compra, a não realização do inventário influi no controle de ativos da organização. Tendo em vista, que alguns produtos são consumidos, furtados e extraviados no interior do estabelecimento e sem esse controle os valores de estoque físico e contábil aumentará drasticamente, perdendo sua eficiência.

Como proposta de melhoria, o inventário seria feito a cada trimestre, e por uma empresa terceirizada com intuito de evitar a paralisação da empresa, não havendo perdas de capital, tal implementação quando computada a longo prazo mostraria a viabilidade e ganhos econômicos para a empresa, visto que ADV Tecnologia (2015) fala que os inventários quando são realizados em curto período tempo facilitam na resolução de problemas e nos ajustes de estoques físicos e contábeis.

Também a implantação de um método de monitoramento para o controle de furtos e extravios dentro do estoque e na área de venda, onde Kanashiro (2006) fala que o monitoramento por câmeras, são chamadas de novas tecnologias e são opções para sistema de segurança. O uso dessas aparelhagens de vigilância, normalmente determinado como um meio de intimidar e identificar criminosos, evitar assaltos, evitar perdas é muito usado hoje, como prevenção de perdas.

O mapeamento do processo ocorre corretamente até o momento de conferência e lançamento fiscal. Não existe um local determinado para o alocamento das mercadorias recebidas, conforme demonstrado pela figura 2, ficando expostas em meio ao estoque, até serem separadas e redirecionadas aos locais específicos para cada segmento.

Figura 2: Mercadoria recebidas em local impróprio



Fonte: Arquivos pessoais

Os autores propõem que haja um melhor fluxo logístico de chegada de mercadoria, para que não sobrecarregue a equipe responsável por fazer todo esse processo de conferência e alocação das mercadorias. Seguido de um local específico para os produtos serem recebidos, e acondicionados até a separação, melhorando o fluxo de pessoas no estoque.

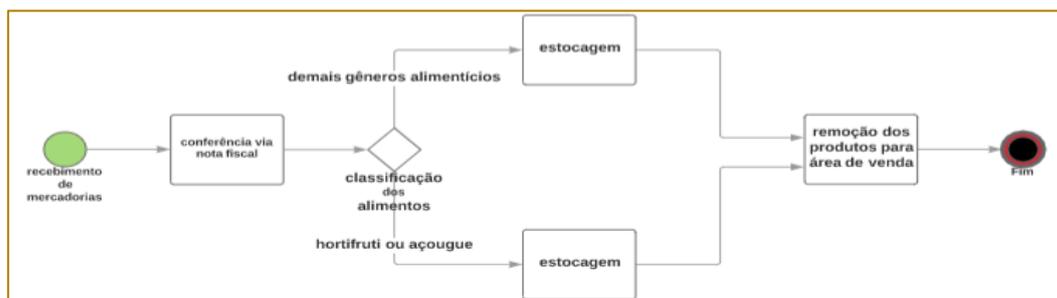
Essa proposta pode ser confirmada pelo autor Zandavalli (2004), ao falar que:

Logística de distribuição física: são atividades relacionadas com o fornecimento de serviços.

Estão envolvidos nestas atividades o recebimento e processamento de pedidos, o posicionamento de estoques, a armazenagem e o transporte dos produtos finais dentro de um canal de distribuição. O principal objetivo da distribuição física é prestar níveis desejados de serviços ao cliente, ao menor custo. (ZANDEVALLI, p.22, 2004)

A partir dessa perspectiva, a figura 3 ilustra o mapeamento do processo com base na proposta indicada pelos autores

Figura 3: Fluxo correto de materiais após recebimento



Fonte: Elaborado pelos autores

Quanto ao layout do estoque do supermercado, os produtos são colocados em prateleiras e pallets com espaço suficiente para retirada e reposição dos produtos, a maioria dos produtos são alocados

ordenadamente, porém alguns produtos de limpeza, frutas, verduras e bebidas não estão em harmonia, causando total desordem no ambiente conforme demonstrado pela figura 4.

Figura 4: Armazenamento inadequado



Fonte: Arquivos pessoais

Para isso, é necessário a identificação correta de cada área, para que possa evitar possíveis contaminações ou perdas pelo mal acondicionamento do produto. Ao se aprimorar o layout, Lorenzatto e Ribeiro (2007) cita vários tipos de perdas que se pode eliminar durante esse processo: redução de inventários, aumento da motivação dos funcionários, melhora a qualidade da produtividade e reduz a mão-de-obra.

Outra implementação seria a prática do 5S que é de muita relevância para o aumento da qualidade do ambiente de trabalho na empresa.

“O 5S é, sobretudo, um processo que deve envolver todos os agentes produtivos, que deve mudar hábitos e atitudes terminando com a resistência, favorecendo a mudança e a melhoria contínua” (CUNHA, p.15, 2012).

Figura 5: Desorganização do layout



Fonte: Arquivos pessoais

A empresa em estudo possui uma câmara fria para o resfriamento de hortifrutis. Foi observado que os hortifrutis estão sendo armazenado sem nenhuma conformidade com os parâmetros necessários para manter a

qualidade e aumentar a durabilidade. Os alimentos eram alocados de forma incorreta, na qual se mantiam um sobreposto ao outro e os mesmo não possuíam classificação por espécies como ilustrado pela figura 6.

Figura 6: Armazenagem dentro da câmara fria



Fonte: arquivos pessoais

Para melhoria desse gargalo, foi proposto a implementação de uma nova câmara fria que a curto prazo irá melhorar a organização dos alimentos em seus segmentos, melhorar o fluxo de reposição e retirada e o aumento da

capacidade de armazenagem. A longo prazo o retorno será a redução das perdas e consequentemente o aumento da lucratividade.

Para isso, se faz necessário um estudo detalhado sobre o retorno desse investimento, na qual se confirma na citação de Frigonews (2011), ao falar que:

“Um bom projeto de construção de ambientes com controles de temperatura, climatizados passando por resfriados e congelados, depende do levantamento das necessidades do mesmo. É de suma importância o conhecimento dos produtos, movimentações diárias, temperatura de trabalho e capacidade de armazenamento, para que possa ser definido adequadamente o equipamento de refrigeração, espessuras corretas de isolamento e necessidades mínimas de vedação, buscando a melhor relação custo benefício (FRIGONEWS, p.18, 2011).

Outra proposta a ser implementada é a compra por sazonalidade. Isso evitaria gastos desnecessários com produtos de baixo giro de estoque e a ocupação do espaço da câmara necessário para outros segmentos alimentícios, Basso (2016) fala que a sazonalidade é um fator que influencia muito no preço, sabor e qualidade, pois as FVLs que tem seu cultivo fora da época, vê dificuldade em sua colheita na produção, e tem seu rendimento reduzido além de aumentar o preço por falta de demanda.

E por último, a organização da câmara fria por prateleiras para utilizar melhor o espaço disponível e melhorar o acondicionamento dos alimentos. “O empilhamento adequado e a circulação de ar apropriada na câmara fria ajuda a diminuir as flutuações de temperatura” (SOCIEDADE NACIONAL DE AGRICULTURA, 2014).

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a importância da gestão de estoque foi possível identificar as vantagens e desvantagens, como também aprofundar os conhecimentos sobre diferentes tipos de técnicas de aprimoramento da gestão dos ativos de uma organização.

O supermercado estudado pelos autores, está entre os melhores e mais competitivos da cidade de Araguaína-TO, e para isso o controle do seu estoque é primordial para seu crescimento econômico.

Foi possível identificar na referida empresa, que ela conta com um quadro de funcionários dedicados, e um gestor que busca o crescimento da mesma, apesar de muitos

questos positivos, foi observado alguns gargalos gritantes, que poderia causar sérios problemas para a empresa, fazendo - a perder lucros, sendo possível a identificação e respondendo o problema da pesquisa.

Através dos dados coletados constatou-se que o problema da pesquisa foi respondido, principalmente quando foi detectado os gargalos que existem no estoque do supermercado, as desvantagens que eles trazem para seu crescimento e rentabilidade.

Os objetivos desta pesquisa foram atingidos, quando os pesquisadores descobriram os problemas existentes no estoque do supermercado, principalmente as falhas existentes no layout do estoque e na falta de organização para alocar as mercadorias na câmara fria, desta forma podendo propor melhorias para elucidar as falhas existentes, confirmando o alcance dos objetivos propostos.

Algumas elucidaciones na análise do problema servem como base para que esses problemas sejam resolvidos. O estudo de melhoria no layout objetivará uma melhor disposição dos produtos, fazendo com que os mesmos tenham seus locais adequados de armazenagem evitando perdas e melhorando a organização das mercadorias como também a durabilidade dos produtos perecíveis, evitando perdas desnecessárias, consequentemente aumentando a lucratividade.

Sendo assim, para os pesquisadores seus objetivos foram propícios para a edificação deste trabalho, comprovado pela a análise dos dados coletados.

Além disso, após as respostas dos objetivos esclarecidos neste trabalho, os autores têm a certeza que os mesmos são oportunos para o crescimento teórico sobre gerenciamento de estoque. A produção de informações teóricas esclarecidas sobre o assunto é um dos principais resultados deste trabalho.

Ainda é possível perceber que existem empresas, independentemente do tamanho, que não compreendem completamente a alocação de seus produtos nem identificam o impacto que o mal gerenciamento gera. Além de que grande fluxo de mercadorias pode interferir nos seus rendimentos mensais de capital.

Por fim, vê-se também o quanto o estoque tem valor agregado ao crescimento ou o declínio de uma empresa e o que diferencia é

a forma que o gestor irá agir frente aos emprazamentos que o mercado impõe.

Para os autores o trabalho tem potencial para futuras pesquisas principalmente a respeito

do impacto financeiro que é gerado através das perdas, visto que isso impacta diretamente no resultado final da empresa do ano de exercício.

## REFERÊNCIAS

- [1] ABRAS – Associação Brasileira de Supermercados. Economia e Pesquisa. São Paulo, 2017. Disponível em: <http://www.abras.com.br/economia-e-pesquisa/perdas/pesquisa-2017/> Acesso em: 18/11/2017.
- [2] ADV tecnologia. A importância do inventário na gestão de estoques. São Paulo, 2015. Disponível em: <http://www.advtecnologia.com.br/a-importancia-do-inventario-na-gestao-de-estoques/> Acesso em: 06/04/2018.
- [3] BASSO, Fernanda. Entenda a sazonalidade dos alimentos. Organic Bloc. São Paulo, 2016. Disponível em: <http://lemanjue.com.br/sazonalidade-dos-alimentos/> Acesso: 13/04/2018.
- [4] CHIAVENATO, Idalberto. Administração: teoria, processo e prática. Rio de Janeiro, 4.ed, Elsevier, 2007.
- [5] CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA AGRICULTURA. Fruticultura. 2016. Disponível em: [http://www.cnabrazil.org.br/sites/default/files/sites/default/files/uploads/10\\_fruticultura.pdf](http://www.cnabrazil.org.br/sites/default/files/sites/default/files/uploads/10_fruticultura.pdf) Acesso em: 04/05/2018.
- [6] CUNHA, O. M. C. Implementação da metodologia 5S e análise de tempos e métodos numa linha de montagem de carroçarias. Faculdade de Ciências e Tecnologia – Universidade de Coimbra. Coimbra, 2012. Disponível em: <https://estudogeral.sib.uc.pt/bitstream/10316/20555/1/Tese%20Olga%20Cunha.pdf> Acesso em: 25/04/2018.
- [7] FERNANDES, José Carlos de F. Função Material e Administração Pública. 3ª ed. São Paulo: Atlas, 1987. Acesso em: 14/11/2017.
- [8] FOSCACHES, C. A. L. et al. Logística de frutas, legumes e verduras (FLV): um estudo sobre embalagem, armazenamento e transporte em pequenas cidades brasileiras. São Paulo, v.10, n.2, 2012. Disponível em: <ftp://ftp.sp.gov.br/ftpiea/publicacoes/IE/2012/tec4-03-04-2012.pdf> Acesso em: 28/03/2018.
- [9] FRIGONEWS, Tecnoloalimentos. Campinas, p. 41-47, 2011. Disponível em: <http://www.revistafrigonews.com.br/orçamento> Acesso em: 18/04/2018.
- [10] KANASHIRO, Marta Mourão. Sorria, você está sendo filmado: as câmeras de monitoramento para segurança em São Paulo. Universidade Estadual de Campinas. São Paulo, 2006. Disponível em: [http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/281523/1/Kanashiro\\_MartaMourao\\_M.pdf](http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/281523/1/Kanashiro_MartaMourao_M.pdf) Acesso: 20/04/18.
- [11] KRUPP, Juliana. Viabilidade econômica da implantação de câmaras frigoríficas para armazenamento de maçãs estudo de caso: fazenda da porteira. Curitiba, 2014. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/49735/R%20-%20E%20-%20JULIANA%20KRUPP.pdf?sequence=1&isAllowed=y> Acesso em: 06/04/2018.
- [12] LORENZATTO, Júlia Trindade; RIBEIRO José Luis Duarte. Projeto de layout alinhado às práticas de produção enxuta em uma empresa siderúrgica de grande porte. XXVII encontro nacional de engenharia de produção. Foz do Iguaçu – PR, 2007. Disponível em: [http://abepro.educacao.ws/biblioteca/enegep2007\\_TR570429\\_9507.pdf](http://abepro.educacao.ws/biblioteca/enegep2007_TR570429_9507.pdf) Acesso: 23/04/2018.
- [13] MANCUZO, Fernando. Análise e previsão de demanda: estudo de caso em uma empresa distribuidora de rolamentos. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2003. Disponível em: <http://www.producao.ufrgs.br/arquivos/publicacoes/Fernando%20Mancuzo.pdf> Acesso em: 25/04/2018.
- [14] MARTINS, P. G.; CAMPOS ALT, P. R. Administração de Materiais e Recursos Patrimoniais. São Paulo: Saraiva, 2009.
- [15] MARTELLI, Leandro Lopez; DANDARO, Fernando. Planejamento e controle de estoque nas organizações. Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR. Paraná, 2015. Disponível em: <file:///C:/Users/Diogo-pc/Downloads/2733-8973-1-PB.pdf> Acesso em: 12/10/2017.
- [16] PALADINI, Edson Pacheco. Gestão da qualidade: teoria e prática. 2ed. São Paulo: Atlas, 2004.
- [17] PEINADO, Jurandir; GRAEML, Alexandre Reis. Administração da produção: operações industriais e de serviços. UnicenP. Curitiba, 2007. Disponível em: <http://www.paulorodrigues.pro.br/arquivos/livro2folhas.pdf> Acesso em: 30/10/2017.

- [18] REISNER, Carine. Planejamento tributário: estudo de caso sobre a aplicação do regime tributário para a empresa hortifruti. FACULDADE CENECISTA DE NOVA PETRÓPOLIS – FACENP, Nova Petrópolis – RS, 2015. Disponível em: < <http://faculdadenovapetropolis.cnec.br/wp-content/uploads/sites/121/2017/08/TCC-Carine-Reisner.pdf> > Acesso: 20/04/2018.
- [19] SANTANA, Silvio Leonardo Tulio. Gestão de estoques: um estudo de caso numa indústria alimentícia. Ponta grossa, 2014. Disponível em:
- [20] <[Http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/5913/1/PG\\_CEEP\\_2014\\_1\\_24.pdf](Http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/5913/1/PG_CEEP_2014_1_24.pdf)> Acesso em: 14/11/2017.
- [21] SCOGNAMIGLIO, Heloísa. Brasil é o terceiro maior produtor de frutas do mundo. Assessoria de comunicação e imprensa da FAAC, 2017. Disponível em : < <https://acifaacunesp.com/2017/09/17/brasil-e-o-terceiro-maior-produtor-de-frutas-do-mundo/> > Acesso em: 13/04/2018.
- [22] SOCIEDADE NACIONAL DE AGRICULTURA. Resfriamento na conservação das frutas e hortaliças. Rio Grande do Sul, 2014. Disponível em: <<http://www.sna.agr.br/resfriamento-na-conservacao-das-frutas-e-hortalicas/>> Acesso em: 06/04/2018
- [23] SOUZA, E. A. de; MELLO, F. O. T. de. Gestão de estoques e armazenagem: estudo de caso na empresa tito embalagens na cidade de Lins/SP. São Paulo, 2014. Disponível em: < <http://www.fateclins.edu.br/v4.0/trabalhoGraduacao/rqnfFjs4ZuXzWoxv7S3XiSOEbCRAakXvMW8s.pdf>> Acesso em: 25/04/2018.
- [24] TIGRE, Natânmila de Sousa; et al. Análise quanto a existência do 5s na prestação de serviços em um supermercado de pequeno porte em Redenção-Pará. Anais do V Simpósio de Engenharia de Produção – SIMEP, 2017. Disponível em: <<https://even3.azureedge.net/anais/43747.pdf>> Acesso em: 03/05/2018
- [25] VAGO, Fernando Rodrigues Moreira et al. A importância do gerenciamento de estoque por meio da ferramenta curva ABC. Rio Grande do Sul, 2013. Disponível em: < <https://periodicos.ufsm.br/sociaisehumanas/article/view/6054/pdf>> Acesso em: 15/10/2017.
- [26] ZANDEVALLI, Carla. Seleção de um sistema de localização de estoque: avaliação de seus benefícios no sistema de armazenagem – um estudo de caso. Universidade federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre – RS, 2004. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/5281/000423806.pdf?sequence=1>> Acesso: 13/04/2018

# Capítulo 5

## *ESTUDO PARA REDIMENSIONAMENTO DE BUFFER EM UMA EMPRESA DO SETOR METAL MECÂNICO*

*Mario Fernando de Mello*

*Scarlet Hartmann da Silveira*

*Lucas Ozonio Moreira de Ataíde*

*Gabriel Cargnin Stieler*

**Resumo:** As empresas vivem em constante busca de melhor produtividade para torna-las mais competitivas no concorrido mercado. Em um cenário onde a redução dos custos internos é orientada através do enxugamento das movimentações, dos estoques, da mão de obra e eficiência de processos um bom projeto de arranjo físico e layout pode ser um diferencial. Uma explicação a isso é como a organização, localização de máquinas, equipamentos e fluxos de processos industriais contribuem para que as organizações sejam mais econômicas e eficientes. Neste contexto foi realizado um estudo de caso referente a um processo de estoque intermediário de peças, que são exclusivas para montagem de conjuntos soldados em três linhas específicas de produção de uma indústria metal mecânica. O estudo teve como objetivo principal analisar o processo do buffer corrimão e diagnosticar os principais problemas de desperdícios no processo. O local de realização do estudo foi em uma grande empresa do ramo metal mecânico, no setor de logística de manufatura. Como resultado, ficou demonstrado que a utilização de metodologias adequadas, como a cronoanálise, neste caso, trazem importantes contribuições para a empresa que busca a melhoria contínua em seus processos. Ficou ainda evidenciado um aumento na produtividade como consequência das melhorias sugeridas ao longo do estudo.

**Palavras Chave:** Cronoanálise, Produtividade, Redução de Custos

## 1. INTRODUÇÃO

No mundo globalizado onde as empresas vivem em busca de maior competitividade e lucratividade com clientes cada vez mais exigentes, um dos fatores imprescindíveis e desafiadores para o aumento da capacidade de competição das organizações são as melhorias constantes nos seus processos internos.

Em um cenário onde a redução dos custos internos é orientada através do enxugamento das movimentações, dos estoques, da mão de obra e eficiência de processos um bom projeto de arranjo físico e layout pode ser um diferencial. Uma explicação a isso é como a organização, localização de máquinas, equipamentos e fluxos de processos industriais contribuem para que as organizações sejam mais econômicas e eficientes.

Neste contexto foi realizado um estudo de caso referente a um processo de estoque intermediário de peças, que são exclusivas para montagem de conjuntos soldados em três linhas específicas de produção de uma indústria metal mecânica.

Atualmente, a empresa enfrenta dificuldade no fluxo de seus materiais. Através da utilização das ferramentas como diagrama de espaguete e fluxograma, foi possível realizar o mapeamento da situação atual sendo possível gerenciar o processo e propor melhorias, as quais depois de implementadas, permitirão redução de custos, diminuição de desperdícios e perdas em transporte, otimização de processos a partir de novo layout.

### 1.2. OBJETIVOS

O objetivo geral do trabalho é analisar o processo atual do buffer corrimão e diagnosticar os principais problemas de desperdícios do processo, para então estabelecer um novo layout para a realização das atividades, aumentando assim a eficiência e redução dos custos operacionais.

Além disso, tem como objetivos específicos: analisar processos e operações do layout atual verificando oportunidades de melhorias; minimizar os tempos de espera na produção, reduzindo a distância de movimentação do material, através do balanceamento de tempos e operações; propor um novo layout, apresentando a centralização de

armazenagem de material utilizado no processo.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1. LOGÍSTICA

A logística é organizada com o objetivo de maximizar a execução de pedidos e oferecer custo-benefício, a partir de um processo estratégico de gestão, movimentação, fluxo de produtos e armazenagem (CHRISTOPHER, 2010).

Por fim, todos os elementos do processo logístico têm como enfoque satisfazer às necessidades e preferências dos consumidores finais (NOVAES, 2016).

### 2.2. ARMAZENAGEM

Para Dias (2010), a armazenagem está ligada diretamente à movimentação ou transporte interno de cargas, tendo grande influência na produtividade industrial. Além disso, ter um método adequado para estocagem de matéria-prima, peças em processamento e produtos acabados auxilia na redução dos custos de operação, impactando de forma positiva na qualidade dos produtos e acelerando o ritmo dos trabalhos.

### 2.3. PLANO DE ARMAZENAGEM PARA CADA PEÇA

De acordo com Harris et. al. (2004), para que cada peça seja gerenciada da doca ao ponto de uso, é importante a criação de um banco de dados com informações e um plano para cada peça (PPCP). Os dados mais pertinentes relativos ao material, peça ou produto.

O plano de armazenagem para cada peça (PAPCP) é uma ferramenta desenvolvida pelos analistas da empresa, a qual foi embasado na metodologia de PPCP, seguindo alguns de seus parâmetros, considerando a cubagem da peça, dimensões, geometria, peso e matéria prima.

### 2.4. SISTEMA DE PICKING

Área de picking é a principal área onde se pode realizar melhoria produtiva e contínua. A operação de montagem de picking se dá pela retirada de produtos armazenados solicitados

pelo cliente, coleta do mix de cada produto em suas respectivas quantidades.

Por ser uma operação manual com intensa movimentação de materiais, é considerada uma atividade crítica, sendo 55% do custo total em termos de armazenagem, pois esta é a operação que ocupa mais tempo em movimentações. Após, temos a busca do material, retirada e outros. É devido a isso a importância de redimensionamento da área, para reduzir custos (BARTHOLDI; HACKMANN, 2014).

## 2.5. ARRANJO FÍSICO E LAYOUT

O arranjo físico de uma operação produtiva diz respeito ao posicionamento físico dos seus recursos transformadores. Isso significa decidir onde colocar todas as instalações, máquinas equipamentos e pessoal da operação. A mudança na localização de uma máquina pode afetar o fluxo pela operação, o que, por sua vez, pode afetar os seus custos e a eficácia geral.

De maneira simples, layout é o arranjo de homens, máquinas e materiais, trata-se da integração do fluxo típico de materiais, da operação dos equipamentos de movimentação, combinados com características que conferem maior produtividade ao elemento humano; isto para que a armazenagem de determinado produto se processe dentro do padrão máximo de economia e rendimento (DIAS, 2010).

## 2.6. DIAGRAMA DE ESPAGUETE

A movimentação de um produto em determinado fluxo de valor, ou seja, todo o diagrama do caminho percorrido é denominado diagrama de espaguete, por ser semelhante a um prato de espaguete. O diagrama de Espaguete, é uma ferramenta que analisa os deslocamentos (SHOOK et. al., 2014).

## 2.7. FLUXOGRAMAS DE PROCESSO

Fluxogramas são representações gráficas do que ocorre com o material ou conjunto de materiais, incluindo peças ou subconjuntos de montagem, durante uma sequência bem definida de fases do processo produtivo. Estas representações gráficas incluem cinco tipos de eventos que são: operações, transporte, inspeção, estocagem e espera.

São utilizados para facilitar a análise das funções processo nos sistemas produtivos.

## 2.8. GESTÃO DE CUSTOS E RESULTADOS DE LOGÍSTICA

A logística para ser eficiente, é imprescindível primeiramente a redução de custos em específico com transporte, considerando a natureza dos produtos vendidos, tempo de resposta e a ampliação de custos (MARTEL; VIEIRA, 2010).

Há outros custos envolvendo a logística e sua eficiência, como por exemplo, mão de obra, a matéria-prima, custos de produção, manutenções, estoque de reposição e custos indiretos.

Entre setores/percursos os trajetos devem ser os menores possíveis para evitar acréscimo no custo de movimentar materiais, sendo que é preciso considerar que para sobreviver ao mercado a redução de custos deve ser um fator fundamental a ser considerado.

Para as empresas, a meta principal seria o que representa a equação: Preço – Custo = Lucro, ou seja, maximizar os lucros a partir de um sistema que possa oferecer processos simples, que resultem em uma organização competitiva. O Sistema Toyota de Produção é uma filosofia que proporciona diversos recursos a fim de atingir estes objetivos. O Sistema de Produção Toyota, considera a matéria-prima, o colaborador e a máquina, como os três eixos de controle de uma empresa. (GHINATO, 1995; SHINGO, 1996).

Os pilares principais do STP, são a automação e Just in Time, e sua base é a eliminação de desperdícios. Tudo que não agrega valor ao processo/produto é denominado desperdício. Para extinguir as perdas, inicialmente é preciso identificá-las. Shingo (1996) classificou 7 tipos de perdas, as quais são as seguintes: desperdício por superprodução, desperdício por tempo de espera, desperdício por transporte, desperdício por processamento, desperdício por peças defeituosas, desperdício de estoque.

## 2.9. BRAINSTORMING

Brainstorming é uma valiosa ferramenta que produz grandes resultados pois se adapta facilmente a diversas situações. Essa técnica é eficaz pois envolve pessoas diretamente ligadas à problemática, as quais por estarem envolvidas e possuírem o conhecimento de

causa, conseguem facilmente apontar ações eficientes e medidas a fim de obter resultados.

Segundo Marshall Junior et. al. (2010) o brainstorming possui três fases típicas: clareza e objetividade na apresentação do assunto, problema ou situação; geração e registro das ideias; análise e seleção.

## 2.10. CRONOANÁLISE

A cronoanálise é indicada quando as empresas buscam entender fatores que influenciam em uma avaliação do processo produtivo, pois tem como objetivo principal a identificação dos desperdícios de tempo, além dos pontos de ineficiência de cada operação (SANTOS et. al. 2017).

Durante cada etapa do processo de aplicação da cronoanálise, procura-se encontrar o melhor modo de realizar o trabalho considerando a infraestrutura do processo, recursos humanos e o método de trabalho.

## 3. METODOLOGIA

O presente trabalho foi desenvolvido numa empresa do setor metal mecânico, em específico no Setor de Métodos e Processos/Logística de Manufatura e in loco no Setor de Logística de Manufatura I e foi realizado no período de agosto a novembro de 2015.

O presente trabalho trata-se de um estudo de caso que segundo Yin (2010), é uma investigação empírica de um fenômeno contemporâneo em seu contexto de vida real onde o investigador enfrentará circunstâncias técnicas e distintas em função do fenômeno real. O mesmo autor ressalta que o estudo de caso se evidencia por meio de documentos,

registros em arquivos, entrevistas, observações diretas, além de artefatos físicos.

A coleta de dados foi realizada com entrevista do colaborador e coordenação da área de Logística de Manufatura I, com a cronoanálise realizada e com a utilização das ferramentas Diagrama de Espaguete, STP e PAPCP. Após isso foi realizada a demonstração de custos para comprovar a viabilidade do projeto.

As atividades realizadas no desenvolvimento do estudo seguiram a seguinte sequência: identificar o problema atual, observar, analisar, propor um plano de ação e a conclusão.

## 4. DESENVOLVIMENTO E RESULTADOS

Foi notado que os problemas da indústria estudada estão diretamente ligados a um número elevado de desperdícios, no momento da montagem de picking dentro do buffer corrimão devido aos corredores estreitos, difícil acesso aos materiais e falta de identificação dos tubos e também devido as peças que compõem os conjuntos soldados estarem armazenadas em locais diferentes do pavilhão 3.

Referindo-se ao arranjo físico atual (buffer corrimão), foram verificados que o arranjo não é ergonômico; o ambiente não é flexível e de difícil acesso ao manuseio das peças; os tubos são armazenados de forma irregular e desorganizada; a movimentação excessiva do operador no momento da montagem de picking; o espaço físico não é suficiente para a quantidade de peças a serem armazenadas e tem-se um elevado tempo de montagem de picking devido a desperdícios em movimentações.

A tabela 1, descreve as características da composição do buffer corrimão.

Tabela 1 - Características do buffer corrimão

Item	Descrição	Situação Atual
1	ÁREA TOTAL	57,92m <sup>2</sup>
2	QUANTIDADE DE DISPOSITIVOS	13
3	CORREDORES	500mm
4	SINALIZAÇÃO	NÃO
5	SEPARAÇÃO DE FAMÍLIAS	NÃO
6	RISCO ERGONÔMICO	SIM
7	LAYOUT	RÍGIDO
8	FAMÍLIAS	Imperador/Gladiador/Plantio
9	OPERADORES	1
10	HORAS TRABALHADAS	00:08:48

Fonte: Os autores

Para o Fluxo do processo atual foi utilizada uma metodologia de fluxograma para diagnosticar e acompanhar todo o processo atual, sendo esta uma poderosa ferramenta de diagnóstico situacional.

De acordo com o fluxograma do processo atual (figura 1), o qual é composto por 9

etapas, foi possível observar que dentre as operações, a operação 5 e 6 são consideradas perdas em movimentações, pois não agregam valor e não deveriam fazer parte do processo produtivo.

Figura 1 - Fluxograma do processo atual

NRO . OP.	DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE	OPERAÇÃO	TRANSPORTE / MOVIMENTAÇÃO	ESPERA	INSPEÇÃO	ARMAZENAGEM
1	Bipar DF - CS- Iniciar	○	→	○	□	▽
2	Verificar pç no tablet	○	→	○	□	▽
3	Pagamento Inicial	○	→	○	□	▽
4	Selecionar carr.	○	→	○	□	▽
5	Deslocam.	○	→	○	□	▽
6	Procurar peça	○	→	○	□	▽
7	Pegar peça	○	→	○	□	▽
8	Armazenar pçs	○	→	○	□	▽
9	Retornar para mesa	○	→	○	□	▽
10	Finaliz. Picking	○	→	○	□	▽
11	Bipar Movimentação	○	→	○	□	▽

Fonte: Os autores

A partir da análise e acompanhamento in loco, do operador de logística interna, foi estruturado um diagrama de espaguete para a montagem de picking de apenas um

conjunto soldado. A partir disto foi possível verificar os procedimentos e movimentações do processo atual na operação.

Através da cronoanálise do picking, foi possível identificar gargalos, mensurar perdas e quantificar os custos dos processos. O início do procedimento de cronometragem se deu no momento em que o operador bipou a ordem de fabricação e finalizou quando o operador bipou a movimentação.

Foram realizadas sete tomadas de tempo de conjuntos soldados para avaliação do processo logístico, o acompanhamento se

deu no início do turno e finalizou no término de um dia de trabalho.

Na tabela 2, os dados de cronometragem não consideram tempos de parada (banheiro, conversas laterais, almoço) ou fadiga, mas sim apenas tempo produtivo (operação). O tempo total de montagem de picking é de 47 minutos e 44 segundos, tempo elevado de operação.

Tabela 2 - Tempo de cronometragem de picking atual

<b>Código do Produto</b>	<b>Quantidade CS</b>	<b>Tempo do Picking Atual</b>
7920-2385	1	00:07:19
7920-2383	1	00:04:20
7925-2061	1	00:10:03
7920-2391	1	00:02:35
7920-2384	1	00:05:10
7920-2390	1	00:08:35
7925-2062	1	00:09:42
<b>TEMPO TOTAL</b>	<b>7</b>	<b>00:47:44</b>

Fonte: Os autores

Após a cronoanálise, foi calculado a distância de movimentações, que nos mostra um total em deslocamentos de 1132,53 m, com o tempo de 17 minutos e 50 segundos, na montagem de nove pickings. Esse tempo de deslocamento é considerado custo no processo produtivo, já que é um desperdício em transporte durante a operação.

#### 4.1. PROPOSTA DE MELHORIA

A nova proposta inicia com a classificação de peças corrimão. A partir de relatórios gerados, foi possível verificar quais as peças que fazem parte do buffer corrimão. Realizada avaliação utilizando a planilha PAPCP, e separação das peças por famílias. Foram analisados em torno de 240 códigos, para definir a quantidade de dispositivos de armazenagem necessários, que irão compor o novo arranjo físico.

A proposta é continuar com o arranjo físico funcional atual, mas modificar a disposição dos dispositivos de armazenagem, o que irá otimizar a montagem de picking no buffer, reestruturar e diminuir o fluxo interno de transporte de materiais e pessoas. Pretende-se com isso aumentar a lucratividade da empresa, bem como otimizar o processo produtivo e melhorar o ambiente de trabalho.

Após a elaboração da proposta, foi simulada a operação de montagem de picking, a partir de então coletados novos dados e inseridos no fluxograma, que nos dá a visão de todas as etapas da tarefa. Com a nova proposta de layout (figura 2), foi possível diminuir duas etapas do processo de montagem de picking, as quais não agregam valor. Eram elas as operações de deslocamento e procura de peças, as quais foram eliminadas.

Figura 2 - Novo fluxograma de processo

NRO. OP.	DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE	OPERAÇÃO	TRANSPORTE / MOVIMENTAÇÃO	ESPERA	INSPEÇÃO	ARMAZENAGEM
1	Bipar OF - CS- Iniciar	○	→	□	□	▽
2	Verificar pç no tablet	○	→	□	□	▽
3	Pagamento Inicial	○	→	□	□	▽
4	Selecionar carr.	○	→	□	□	▽
5	Pegar peça	○	→	□	□	▽
6	Armazenar pçs	○	→	□	□	▽
7	Retornar para mesa	○	→	□	□	▽
8	Finaliz. Picking	○	→	□	□	▽
9	Bipar Movimentação	○	→	□	□	▽

Fonte: Os autores

A tabela 3 apresenta a cronoanálise da simulação de operação no novo projeto de layout e arranjo físico. A eliminação dos desperdícios é visível pois ocorre uma

redução de 25 minutos e 36 segundos no tempo total. Fica demonstrado que a utilização de metodologia adequada pode trazer melhorias significativas ao processo.

Tabela 3 - Cronoanálise da proposta de melhoria

Código do Produto	Quantidade CS	Tempo do Picking Processo Novo
7920-2385	1	00:03:35
7920-2383	1	00:01:52
7925-2061	1	00:02:51
7920-2391	1	00:01:24
7920-2384	1	00:02:48
7920-2390	1	00:03:09
7925-2062	1	00:06:29
<b>TEMPO TOTAL</b>	<b>7</b>	<b>00:22:08</b>

Fonte: Os autores

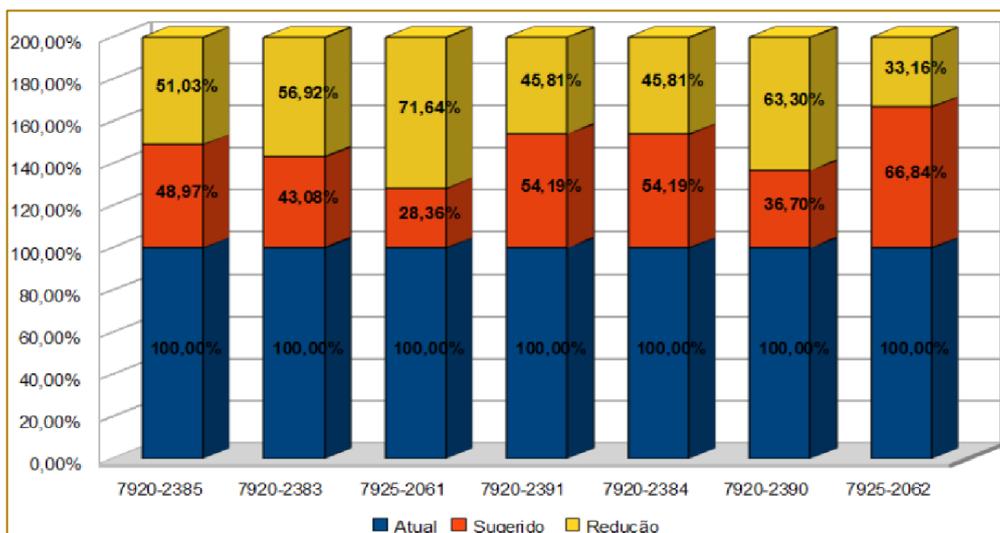
Estruturado um novo diagrama de espagete para simular e avaliar a nova sequência de rotas, transporte e movimentações. Nele foi centralizado a família de peças, antes espalhadas pelo pavilhão 3, agora encontram-se no mesmo local. Calculou-se então as distâncias entre os novos pontos estabelecidos, o total da soma de todos os possíveis deslocamentos gira em torno de 19,43m, com comparativo em relação ao procedimento antigo, temos um total de 535,71m ou 96% de redução de desperdícios em transporte que obteremos após a implementação.

#### 4.2. RESULTADOS OBTIDOS

Nesta etapa através de cronoanálise entre o projeto atual e simulação com o projeto proposto, mostra a porcentagem de quanto teremos de redução de custo em cada conjunto soldado.

A figura 3 nos mostra que foram custeados 7 conjuntos soldados, com a porcentagem de custos no projeto atual e realizada a simulação de custos do projeto novo e demonstrado o comparativo de redução de custo entre ambos. As reduções estão entre 28,36% a 66,84%, dados significativos de melhoria.

Figura 3 - Comparativo Redução de Custo

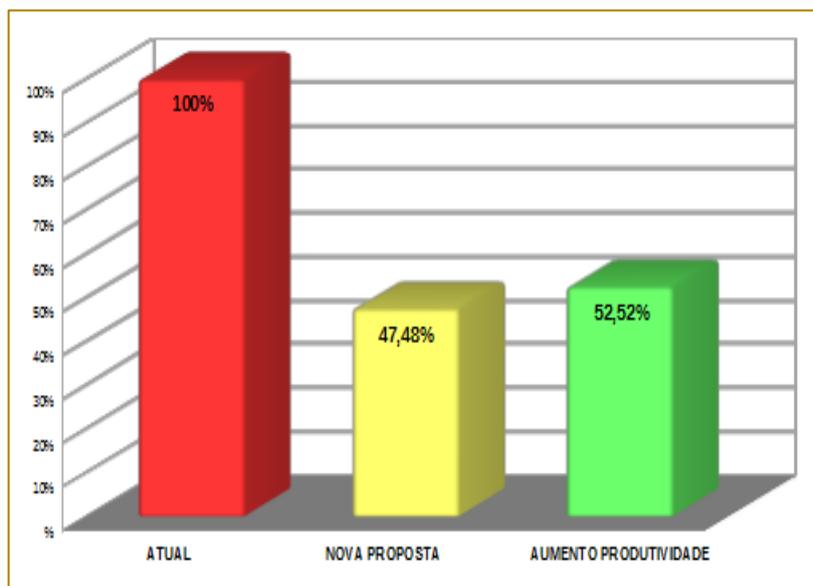


Fonte: Os autores

A partir dos dados coletados demonstrados no gráfico da figura 4, foi realizada uma média com os dados obtidos, para definir um

percentual de ganho em produtividade a partir do novo projeto de layout e arranjo físico.

Figura 4 - Média de produtividade



Fonte: Os autores

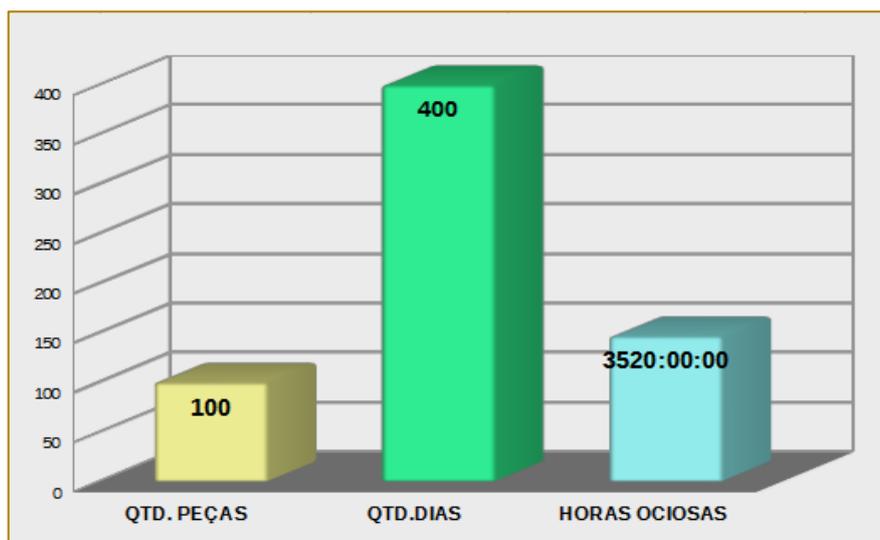
Nota-se que com o novo projeto de melhoria, o qual virá a ser implementado, é possível obter um aumento em produtividade de 52,52%.

O novo projeto foi aprovado, sendo este mais enxuto, pois houve redução dos processos de operação, desperdícios em transporte, além

de um fator importante, que é o aumento da produtividade.

A partir da figura 5 percebe-se que foi totalizado 3520 horas em que há desperdício em espera, para soldagem dos conjuntos, devido a peças faltantes.

Figura 5 - Ganho na eliminação de peças faltantes



Fonte: Os autores

Somente com a utilização de endereço fixo, estabelecer uma identificação nas peças e também organização no próprio buffer corrimão no momento de armazenagem, esse problema poderá ser em grande parte resolvido ou até mesmo eliminado.

Este ganho é bastante significativo em termos de faturamento para empresa, que por vezes a falta de uma peça em uma máquina, onde está não pôde ser entregue, faz com que a meta estabelecida não seja atingida, o que afeta diretamente clientes, fornecedores e colaboradores.

#### 4.3. VANTAGENS DA NOVA PROPOSTA

Coimo vantagens percebe-se que com a nova proposta a área com extensão de 169m<sup>2</sup> irá atender as necessidades de armazenagem de peças, questões ergonômicas e de segurança.

Além disso, o estoque será dimensionado para as peças de componentes de conjuntos soldados, de acordo com a demanda; será utilizada menor quantidade de material em processo; as distâncias de movimentação de materiais, serviços e pessoas serão minimizadas; disposição racional das seções; aumento da moral e satisfação do trabalhador; melhor organização do ambiente; redução de custos de operação; menor manuseio (perda, danos materiais e etc.); redução dos movimentos em torno de 52,52% e fluxo contínuo no setor de montagem de picking.

#### 5. CONCLUSÃO

Como ficou evidenciado, o uso de metodologias de solução de problemas, no caso específico a cronoanálise, é um dos caminhos adequados para a busca da melhoria contínua. Ficou também demonstrado que a participação e colaboração de equipes multidisciplinares trazem contribuições importantes para a solução de problemas.

O projeto de redimensionamento do buffer corrimão, definido como problemática, foi iniciado a partir da projeção de um novo modelo de layout, para atingir os principais objetivos que seriam a eliminação de desperdícios e redução de custos.

Ficou evidenciado, ainda os significativos resultados alcançados, já que se obteve um aumento em produtividade de 52,52%, como também uma redução de custos em desperdícios. Assim o presente estudo demonstrou que trabalhos muitas vezes simples podem trazer enormes benefícios na busca da melhoria contínua.

Neste contexto, considera-se atingido o objetivo principal do trabalho que foi de analisar o processo atual do buffer corrimão e diagnosticar os principais problemas de desperdícios do processo, para então estabelecer um novo layout para a realização das atividades, aumentando assim a eficiência e redução dos custos operacionais.

Por fim, mesmo que o presente estudo tenha algumas limitações considera-se de

importância tanto para o meio acadêmico como para o meio empresarial uma vez que apresentou uma solução de problema bem

como resultados importantes para a empresa com a utilização de metodologias adequadas.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] BARTHOLDI III, John J.; HACKMAN, Steven T. Warehouse & Distribution Science release 0.96, 8-9. Recuperado de <<http://www2.isye.gatech.edu/~jjb/wh/book/editions/wh-sci-0.96.pdf>>. Consultado em, v. 21, n. 07, p. 2016, 2014.
- [2] CHRISTOPHER, Martin. Logística e o gerenciamento da cadeia de suprimentos. São Paulo: Cengage learning, 2010.
- [3] DIAS, Marco Aurélio P. Administração de materiais: uma abordagem logística. Editora Atlas SA, 2010.
- [4] GHINATO, Paulo. Sistema Toyota de Produção: mais do que simplesmente just-in-time. Production, v. 5, n. 2, p. 169-189, 1995.
- [5] HARRIS, Rick; HARRIS, Chris; WILSON, Earl. Fazendo Fluir os Materiais: Um guia lean de movimentação de materiais para profissionais de operações, controle de produção e engenharia. Lean Institute Brasil, 2004.
- [6] MARSHALL JUNIOR, Isnard et al. Gestão da qualidade. 10. Ed. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2010.
- [7] MARTEL, Alain; VIEIRA, Darli Rodrigues. Análise e projeto de redes logísticas. Editora Saraiva, 2010.
- [8] NOVAES, Antonio. Logística e gerenciamento da cadeia de distribuição. Elsevier Brasil, 2016.
- [9] SANTOS, Larissa N. O. et al. Aplicação para melhoria do processo produtivo numa fábrica de eletroeletrônicos. Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP), Joinville- SC, Ed. XXXVII, 2017. Disponível em: <[http://abepro.educacao.ws/biblioteca/TN\\_STP\\_23\\_8\\_377\\_34567.pdf](http://abepro.educacao.ws/biblioteca/TN_STP_23_8_377_34567.pdf)>. Último acesso em: 3 de maio de 2018.
- [10] SHINGO, Shigeo. O sistema Toyota de produção. Bookman Editora, 1996.
- [11] SHOOK, John et al. (Ed.). Lean Lexicon: a graphical glossary for Lean Thinkers. Lean Enterprise Institute, 2014.
- [12] YIN, Robert. K. Estudo de caso: planejamento e métodos .4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.

# Capítulo 6

## PREVISÃO DE CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA UTILIZANDO A METODOLOGIA BOX-JENKINS

*Elyrouse Cavalcante de Oliveira Bellini*

*Márcio Nunes da Silva*

*Wilton Bernardino da Silva*

*Valdemir da Silva*

**Resumo:** O objetivo deste estudo foi identificar um modelo de previsão que melhor se ajuste a série temporal de consumo de energia elétrica por meio da metodologia Box-Jenkins. Para tanto, utilizou-se como amostra a quantidade do consumo de energia elétrica no Brasil, durante o período de 2007 a 2016, totalizando 129 observações. Os dados foram coletados do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) e tiveram como fonte a Eletrobrás. Do pacote 'forecast', foram utilizados as funções: auto.arima e a função seas. Para realizar a previsão, utilizou-se a função 'predict' para o ano de 2017 e 2018, e os valores reais para calcular os erros. A função auto.arima apontou um modelo SARIMA(1,0,2)(1,0,1)[12] com melhor ajuste, seguindo pelo mesmo modelo SARIMA (0,0,2)(2,0,0)[12] com variável dummy representando a crise de 2008.

**Palavras-chave:** Séries Temporais, Consumo de energia elétrica, Modelo Box-Jenkins, Previsão

## 1. INTRODUÇÃO

A demanda por energia elétrica encontra-se em um nível cada vez maior e assume uma tendência de crescimento ao longo dos anos por conta do desenvolvimento tecnológico e econômico dos países. Este tipo de energia é um dos insumos mais usados no mundo, como fonte de calor, luz e força, a qual é produzida por usinas, turbinas e geradores (SCHMIDT & LIMA, 2004; CARNEIRO, 2014). Ao mesmo tempo em que há a ampliação no consumo de energia elétrica oriundo de questões tecnológicas e econômicas, existe também um incremento na conscientização social e organizacional sobre a importância de otimizar o uso da energia, seja por meio de construções sustentáveis, uso de tecnologias renováveis ou pela adoção de fontes alternativas de energia.

Em relação ao contexto brasileiro, Tidre et al. (2013) afirmam que o país enfrenta grandes desafios referentes aos impactos socioambientais proporcionados pelo investimento associado às indústrias energéticas, como os alagamentos provocados pelas represas e as desapropriações de famílias da zona rural oriundas das usinas hidrelétricas, a alta liberação de poluentes na atmosfera por usinas termelétricas e a contaminação pelos rejeitos da produção de energia nuclear, entre outras consequências. Assim, é preciso viabilizar alternativas que auxiliem o processo de tomada de decisão e a gestão de sistemas energéticos, visando um melhor direcionamento das ações e recursos nesse âmbito.

Nesse sentido, o uso de ferramentas e modelos econométricos pode contribuir para uma melhor compreensão da evolução do consumo energético do país, bem como atuar como fundamento de apoio ao processo decisório em gestão energética. Dentre as várias abordagens adotadas na econometria, a metodologia Box-Jenkins é uma das mais utilizadas nas previsões de séries temporais, pois constituem em modelos matemáticos que visam captar o comportamento da correlação seriada ou autocorrelação entre os valores da série temporal, e com base nesse comportamento realizar previsões futuras eficientes (WERNER & RIBEIRO, 2003).

A partir disso, o presente estudo visa estabelecer um modelo de previsão que permita um ajuste mais favorável das séries temporais de consumo de energia elétrica no Brasil mediante o uso da metodologia Box-

Jenkins. Para tanto, foram utilizados os dados dos relatórios dos períodos de 2007 a 2016 do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) baseados nas estatísticas obtidas pela Eletrobrás, responsável por grande parte dos sistemas de geração e transmissão de energia elétrica do Brasil.

## 2. REVISÃO TEÓRICA

### 2.1. CONSUMO DE ENERGIA NO BRASIL

Mediante a atual instabilidade política e econômica brasileira, o segmento de energia elétrica admitiu um decréscimo de 0,9% no consumo de energia, ficando em torno de 460.001 GWh em 2016, configurando a maior queda no setor industrial (2,9%). Entretanto, a geração de energia elétrica admitiu níveis significativos. A Usina Hidrelétrica de Itaipu bateu seu recorde anual de geração chegando a 103.098.366 MWh/ano, retornando ao posto de usina hidrelétrica com maior produção anual no mundo; além disso, as usinas nucleares de Angra dos Reis (Angra I e Angra II) também registraram valor recorde de geração em 2016, gerando cerca de 15,9 TWh (ELETROBRÁS, 2016).

De acordo com a Empresa de Pesquisa Energética (EPE), em 2017, o consumo de energia elétrica na rede totalizou 39.543 GWh em novembro deste ano, apresentando um acréscimo de 2,4% em relação ao mesmo mês do ano de 2016, obtendo o melhor resultado para o mês desde 2014. Ao tempo que o mercado nacional exibiu redução de 2,5% em novembro e de 5,8% no período de 12 meses, o consumo livre aumentou 14,5% no mês e 19% em 12 meses. Portanto, verifica-se uma retomada no crescimento do consumo de energia, após o período de crise.

Algumas medidas foram efetivadas visando à retomada dos negócios no setor elétrico (ELETROBRÁS, 2016), como a Resolução Normativa Aneel 699/2016, que disciplina a prática de atos entre partes relacionadas, e permite o compartilhamento de infraestrutura e recursos humanos; o Decreto 8.828/2016, que alterou o modelo de comercialização de energia elétrica no Brasil; a Resolução Normativa Aneel 711/2016, que versa sobre o aprimoramento de mecanismos em acordos bilaterais; a Lei 13.360/2016, que relaciona-se à gestão de recursos setoriais e a Lei 13.334/2016, que criou o Programa de Parcerias de Investimentos (PPI), objetivando a ampliação e fortalecimento da interação entre o Estado e a iniciativa privada na

execução de empreendimentos públicos de infraestrutura e de outras medidas de desestatização.

## 2.2 PREVISÃO DE SÉRIES TEMPORAIS

Uma série temporal é definida como um conjunto de observações dos valores que uma variável assume em diferentes momentos do tempo (GUJARATI & PORTER, 2011). A análise de séries temporais se aplica nos casos em que há um padrão persistente ou sistemático no comportamento da variável, que é possível de captar através de uma representação paramétrica (PINDYCK & RUBENFIELD, 1991). Os dados podem ser coletados em intervalos de tempo regulares diferenciados: diariamente, trimestralmente, semestralmente, etc., e a natureza destes irá depender do objetivo de quem irá manipulá-los ou da disponibilidade.

Um modelo de série temporal pode ser multivariado ou univariado. Brooks (2007) define um modelo de série temporal univariado como uma classe de especificações onde se tenta modelar e prever variáveis financeiras usando apenas informações contidas em seus próprios valores passados e, possivelmente, valores atuais e passados de um termo de erro. Em contraste, os modelos de natureza multivariada tentam explicar mudanças em uma variável em função das alterações nos valores atuais ou passados de outras variáveis explicativas (BROOKS, 2007).

Os modelos de séries temporais são úteis para prever, por exemplo, variáveis econômicas, como os preços das ações, as taxas de desemprego, o PIB, a inflação, as taxas de juros, entre outras. Entre os diversos modelos existentes, existem cinco abordagens para a previsão econômica que se baseiam nos dados de séries temporais (GUJARATI & PORTER, 2011): métodos de suavização exponencial, modelos de regressão uniequacionais, modelos de regressão de equação simultânea, processo autorregressivo integrado de média móvel (ARIMA) e modelos de vetores autorregressivos (VAR). Um método de previsão bastante popular é o processo autorregressivo integrado de média móvel (ARIMA) ou metodologia Box-Jenkins, o qual foi empregado na seguinte pesquisa.

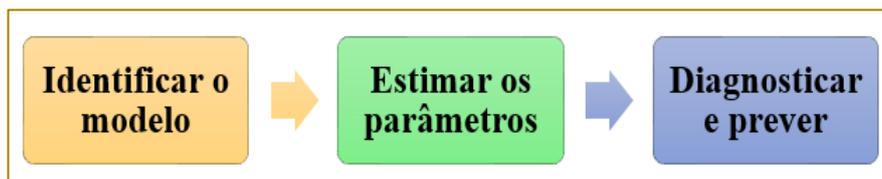
### 2.2.1. METODOLOGIA BOX-JENKINS

O uso de séries temporais pressupõe que estas sejam estacionárias, ou seja, que sua média, variância e autocovariâncias (em variadas defasagens) permaneçam constantes, não importando em que ponto sejam mensuradas (BROOKS, 2007; GUJARATI & PORTER, 2011). Entretanto, algumas séries temporais apresentam, naturalmente, um comportamento não estacionário. Nestes casos de não estacionariedade, a série temporal apresentará uma média que varia com o tempo, ou uma variância que varia com o tempo, ou, ainda, ambas (GUJARATI & PORTER, 2011). Entre os benefícios da estacionariedade de uma série temporal, pode-se citar o valor prático proporcionado pelas previsões e generalizações realizadas para períodos futuros. Entretanto, quando uma série temporal é “não estacionária”, o estudo do comportamento de um conjunto de dados será específico a cada momento estudado, ou seja, não será possível generalizar os resultados para outros períodos.

Nesse contexto não-estacionário, a metodologia Box-Jenkins, pode ser utilizada para transformar uma série não-estacionária em uma série estacionária na medida em que sucessivas diferenças são aplicadas. Também conhecida, tecnicamente, por Modelo Autoregressivo Integrado de Média Móvel (ARIMA - Autoregressive Integrated Moving Average), consiste em permitir que os dados falem por si mesmos, através da análise estocástica, das propriedades da própria série temporal econômica, além disso, viabiliza que valores passados, ou defasados, do próprio Y e dos termos de erro estocástico possam explicar  $Y_t$  (POKORNY, 1987; BROOKS, 2007; GUJARATI & PORTER, 2011).

De acordo com Roumani et al. (2015), as previsões por meio do modelo ARIMA devem ser baseadas em três etapas principais, conforme figura 1. Além disso, é importante confirmar a estacionariedade da série. A estacionariedade do modelo ARIMA é examinada por meio de dois testes: o teste de Dickey-Fuller e o teste da raiz da unitária de Phillips-Perron.

Figura 1 - Etapas para a construção de um modelo ARIMA



Fonte: Adaptado de Roumani et al. (2015)

A primeira etapa de construção do modelo ARIMA, envolve a identificação do modelo que especifica a estrutura e a ordem apropriada deste. O modelo ARIMA é estruturado em três componentes:  $p$  que consiste no número de termos autorregressivos (AR);  $d$  que corresponde ao número de vezes que a série pode ser diferenciada antes de se tornar estacionária; e  $q$  que agrega o número de termos da média móvel (MA) (BROOKS, 2007; GUJARATI & PORTER, 2011; ROUMANI, NWANKPA & ROUMANI, 2015).

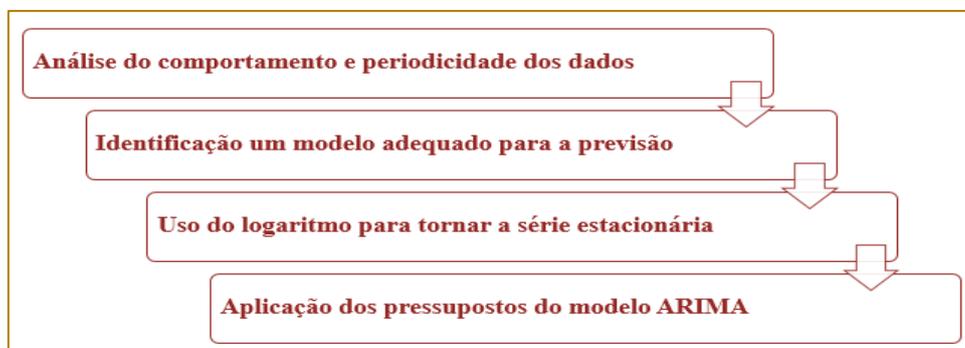
A segunda parte da construção do modelo ARIMA trata da estimativa dos parâmetros por máxima verossimilhança ou métodos de mínimos quadrados, a depender do modelo. Enquanto que a terceira etapa do processo envolve o diagnóstico e a previsão. O diagnóstico visa garantir que os parâmetros estimados sejam estatisticamente significativos e que os resíduos do modelo sejam aleatórios. Em relação à previsão, Gujarati & Porter (2011) afirmam que o método ARIMA corrobora com uma maior confiabilidade da previsão se comparado com os modelos econométricos tradicionais, sobretudo para as previsões de curto prazo.

### 3. METODOLOGIA

A pesquisa admite características exploratório-descritiva, pois objetiva uma compreensão significativa do objeto investigado e a apresentação e descrição do objeto de pesquisa. Em relação ao tipo de abordagem, a pesquisa pode ainda ser classificada como quantitativa, pois implica no tratamento estatístico dos dados. Em relação aos procedimentos, a avaliação em questão foi estabelecida mediante pesquisa bibliografia e documental.

Utilizou-se como base de dados os relatórios do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) que foram fundamentados em estatísticas obtidas pela Eletrobrás, relativos aos anos de 2007 a 2016. A variável resposta corresponde a quantidade do consumo de energia elétrica no Brasil em gigawatt-hora/mês. Ao todo foram utilizadas 129 observações e a modelagem da base de dados foi realizada mediante o uso do software R, versão 3.4.3. As etapas da metodologia estão dispostas na figura 2.

Figura 2 - Etapas da metodologia.



Fonte: Elaboração Própria (2018)

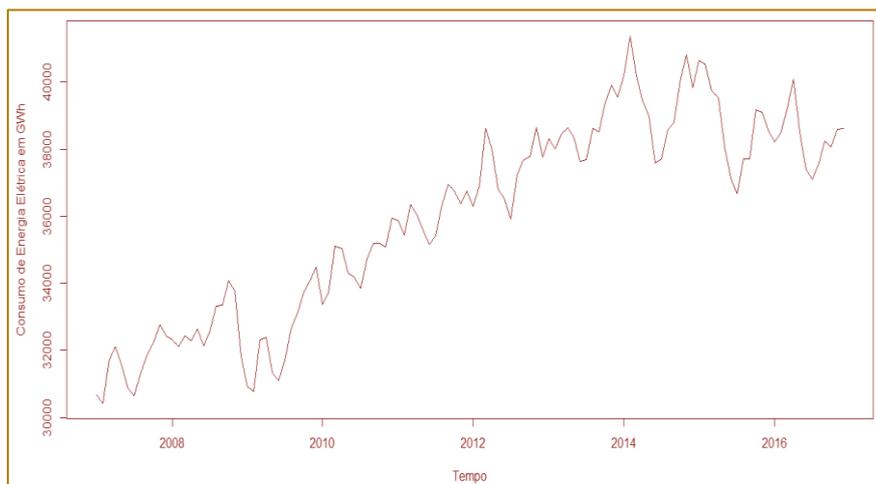
## 4. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

### 4.1. SÉRIE TEMPORAL ORIGINAL

A figura 3 apresenta a série de Consumo de Energia Elétrica - CEET do período de janeiro de 2007 a janeiro de 2016. Observa-se a

tendência crescente e um componente aparentemente sazonal na decomposição da série, dessa forma, torna-se necessário remover o efeito da tendência na modelagem da série.

Figura 3 - Série temporal do consumo de energia elétrica no período de janeiro de 2007 a janeiro de 2016

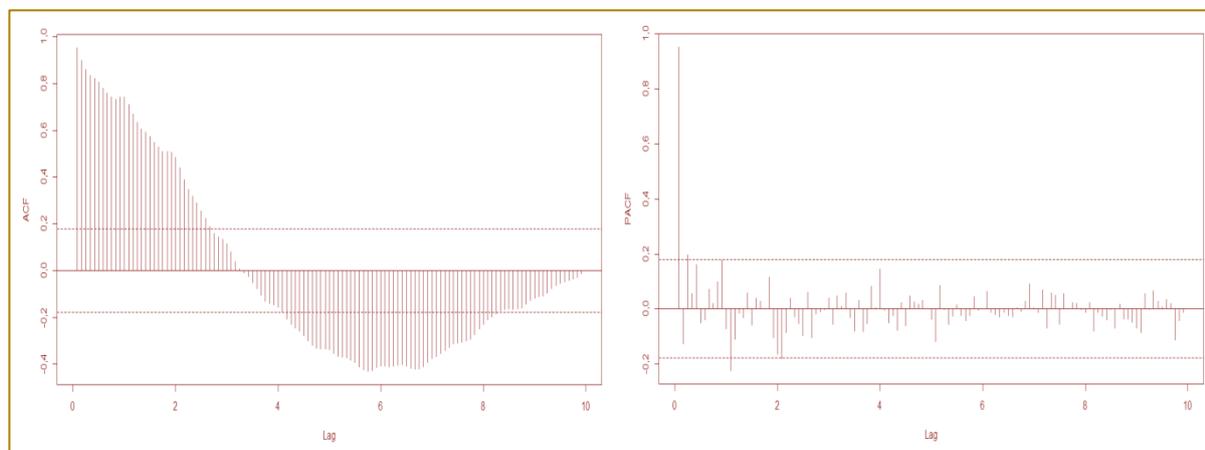


Fonte: Elaboração Própria (2018)

Na figura 4, estão dispostas as funções autocorrelação (ACF) e de autocorrelação parcial (PACF). Com base no ACF da série observa-se um decaimento exponencial lento, já o PACF apresenta comportamento de

decaimento rápido após o lag 1, o que sugere um padrão autorregressivo, apresentando poucos picos, além das extremidades que sugerem autocorrelação dos dados.

Figura 4. Função de autocorrelação (ACF) e função de autocorrelação parcial (PACF) da série original



Fonte: Elaboração Própria (2018)

Os resultados obtidos dos testes estatísticos para séries temporais (tabela 1) confirmam que a série apresentada não é estacionária,

sendo necessário diferenciar a série para torná-la estacionária.

Tabela 1 - Testes de raiz unitária e autocorrelação da série original

Dickey-Fuller Aumentado	Estatística Calculada: 0,6992	Valor Crítico a 1%: -1,7048
Box-Pierce	Valor-p: 0,0000	

Fonte: Elaboração Própria (2018)

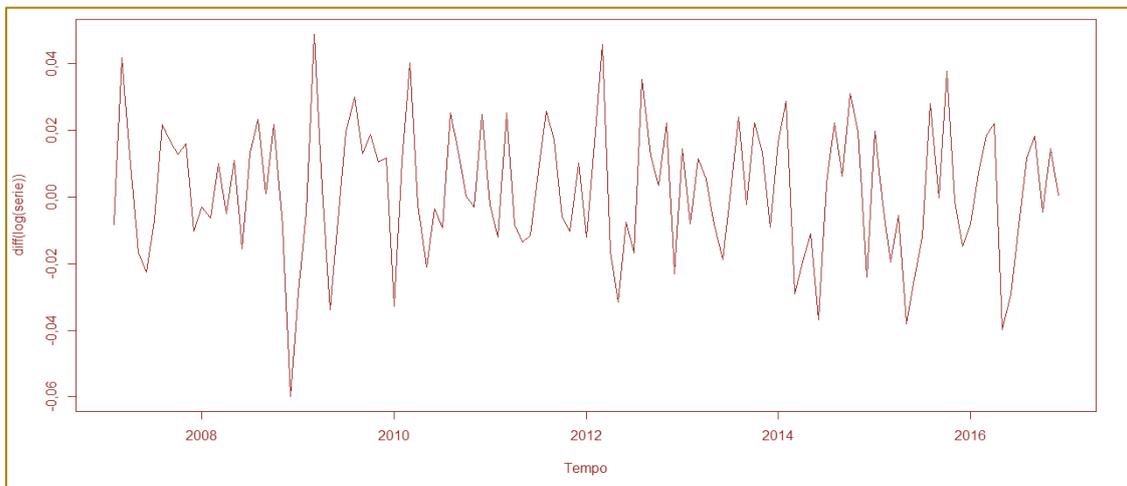
#### 4.2. SÉRIE TEMPORAL TRANSFORMADA

Para remover a tendência e tornar a série estacionária, realizou-se a diferenciação de primeira ordem, que consiste em criar uma nova série agregando a diferença de uma observação atual da sua anterior. Contudo, esta abordagem para séries com grande amplitude numérica não é satisfatória para controlar a variância. A partir disso, aplicou-se o logaritmo à série original e depois a

diferenciação. A série transformada corresponde a Figura 5.

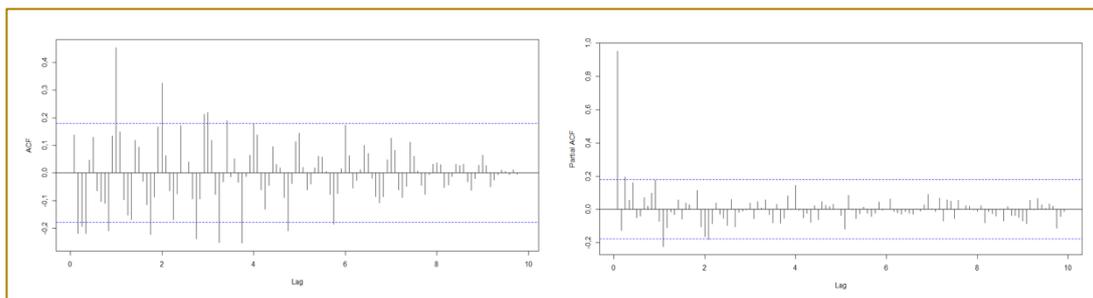
É possível verificar que a série passou a assumir característica estacionária com a variância sob controle. Outro aspecto relevante da série transformada, é que esta admite um comprimento similar ao da série original, permitindo a verificação de picos mais elevados.

Figura 5 - Série temporal transformada



Fonte: Elaboração Própria (2018)

Figura 6 - Função de autocorrelação (ACF) e função de autocorrelação parcial (PACF) da série transformada



Fonte: Elaboração Própria (2018)

Os testes estatísticos (tabela 2) confirmaram que a série é não estacionária, logo não há

necessidade da realização de outra diferenciação.

Tabela 2 - Testes de raiz unitária e autocorrelação da série transformada

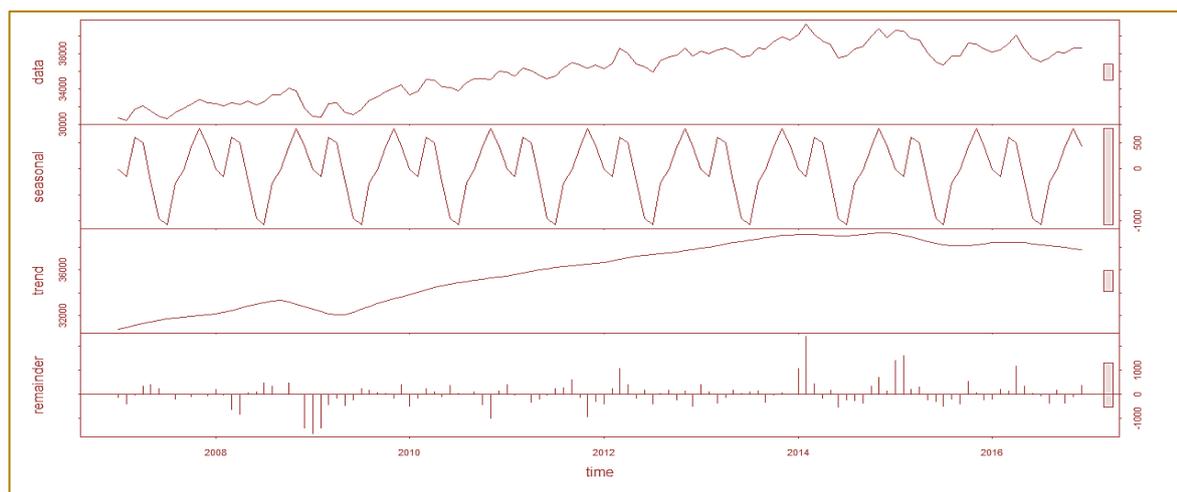
Dickey-Fuller Aumentado	Estatística Calculada: 0,01	Valor Crítico a 1%: -6,1827
Box-Pierce	Valor-p: 0,1354	

Fonte: Elaboração Própria (2018)

Além disso, visando ratificar a confirmação de não estacionariedade, a série transformada foi decomposta, conforme figura 7, assim foi possível observar tendência e um padrão sazonal que variam entre períodos. Com base

nessas características, o modelo a ser aplicado é o SARIMA, uma vez que contemplam as séries que apresentam autocorrelação sazonal.

Figura 7 - Decomposição da série CLL



Fonte: Elaboração Própria (2018)

#### 4.3. SELEÇÃO DO MELHOR MODELO

Pela função `auto.arima` da biblioteca 'forecast' se aplicado ao `log(série)` e sem aproximação, identifica-se o modelo  $ARIMA(1,1,2)(1,0,1)[12]$ , com Akaike Information Criterion de -626,28. Como esperado o modelo tem componente de integração 1, que representa a diferenciação de primeira ordem. Se aplicar a função `auto.arima` para `diff(log(série))`, encontra-se

$ARIMA(1,0,2)(1,0,1)[12]$ , com os mesmos parâmetros (Ver tabela 3).

A função `seas` realiza o ajuste do modelo através do algoritmo X-13 do Bureau de Censo Estatístico dos Estados Unidos e Canadá, ou do algoritmo SEATS (Signal Extraction in ARIMA Time Series) do Banco da Espanha, reunidos na biblioteca 'seasonal'.

Tabela 3 - Comparativo entre modelos

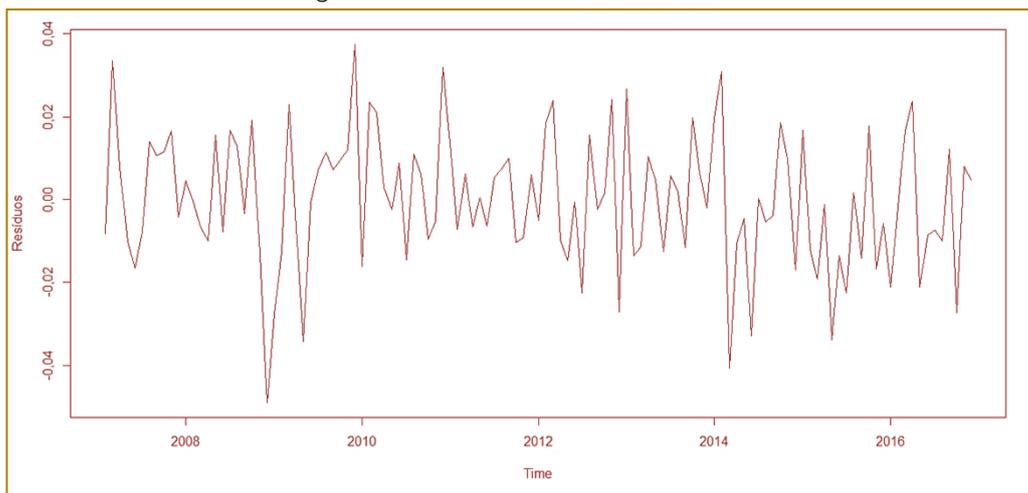
Modelo	AICc
SARIMA (1,0,2)(1,0,1)[12]	-626,2900
X-13 (0,0,0)(0,1,1)	-559,5409
SARIMA (0,0,2)(2,0,0)[12] - dummy 2008	-625,4400
X-13 (3,0,1)(1,0,1) - dummy 2008	-624,9520
SARIMA (0,0,0)(2,0,0)[12] - dummy 2014	-620,2600
X-13 (0,0,0)(0,1,1) - dummy 2014	-611,1010
SARIMA (2,0,0)(2,0,0)[12] - dummy 2008 e 2014	-621,4700
X-13 (0,0,0)(0,1,1) - dummy 2008 e 2014	-559,5409

Fonte: Elaboração Própria (2018)

A função `auto.arima` apontou um modelo SARIMA (1,0,2)(1,0,1)[12] com melhor ajuste, seguindo pelo mesmo modelo SARIMA

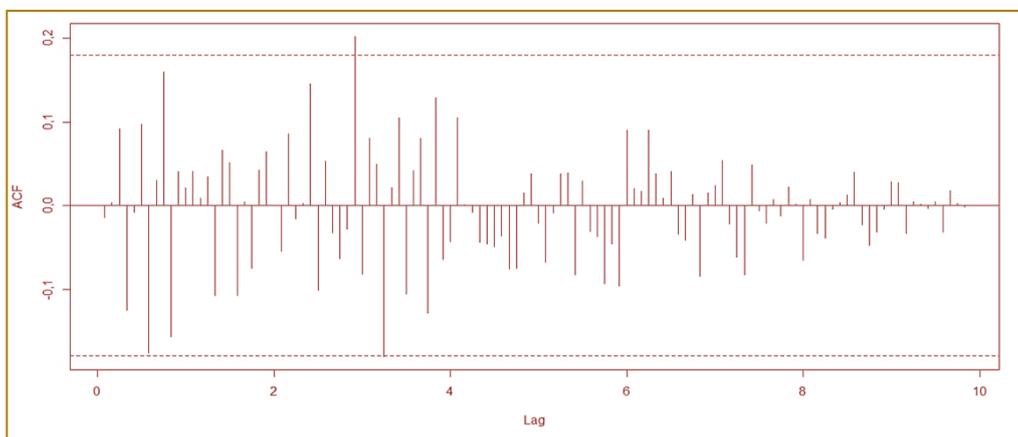
(0,0,2)(2,0,0)[12] com variável dummy representando a crise de 2008.

Figura 8 - Resíduos do modelo SARIMA



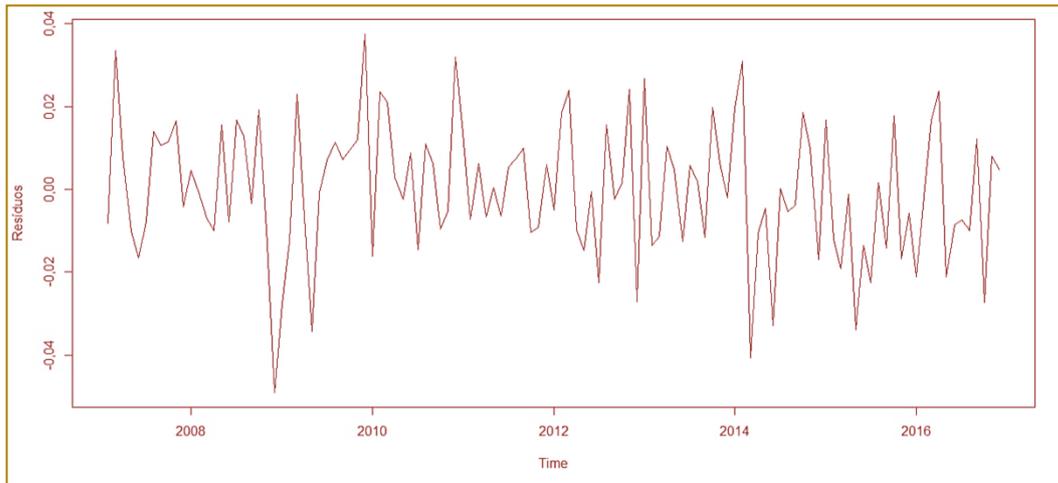
Fonte: Elaboração Própria (2018)

Figura 9 - ACF dos Resíduos SARIMA



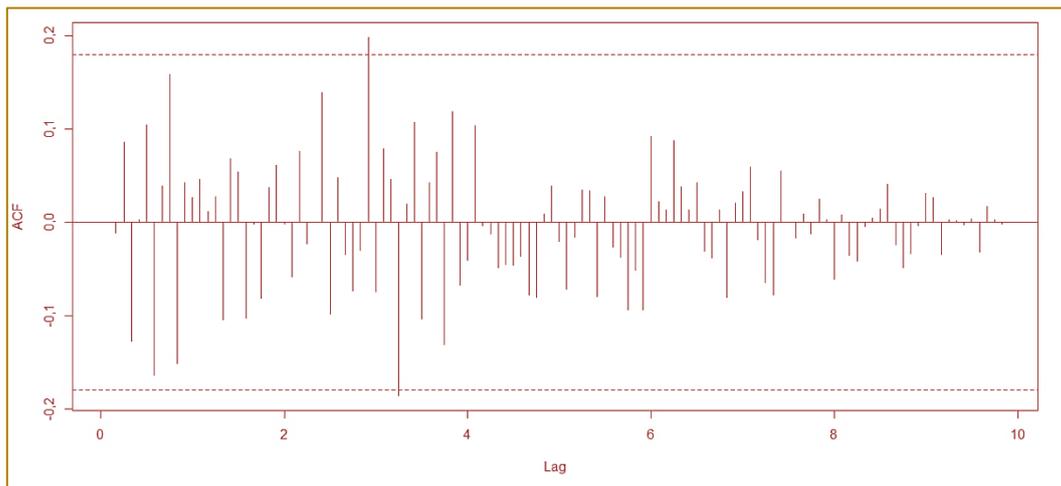
Fonte: Elaboração Própria (2018)

Figura 10. Resíduos do modelo SARIMA (0,0,2)(2,0,0)[12] -crise de 2008



Fonte: Elaboração Própria (2018)

Figura 11. ACF dos resíduos do modelo SARIMA (0,0,2)(2,0,0)[12] -crise de 2008



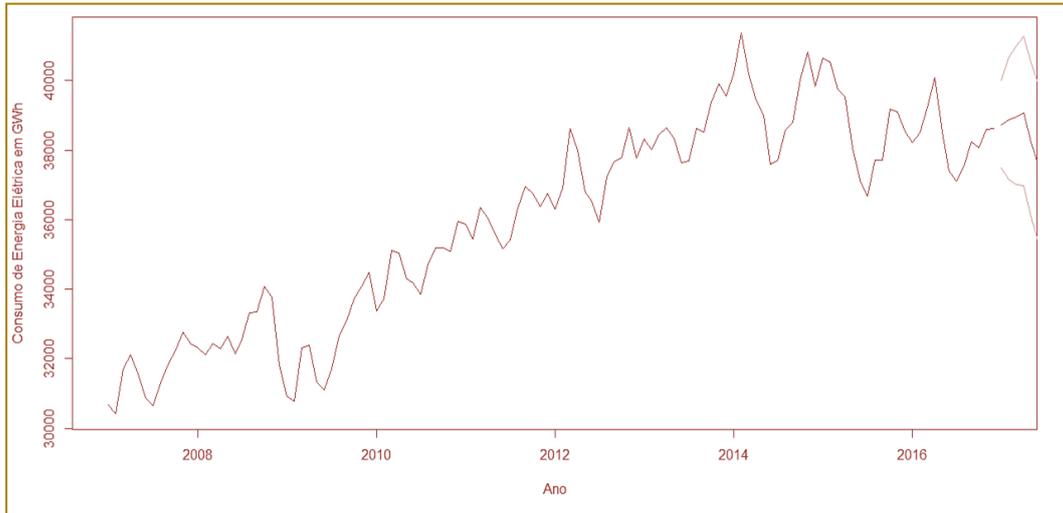
Fonte: Elaboração Própria (2018)

Pela análise dos resíduos, na Figura 8 e 10, os resíduos do modelo SARIMA apresentam bom controle da variância, no entanto, as Figuras 9 e 11 evidenciam a permanência de auto-

correlação, o que sugere ordens mais altas de auto-regressão e médias móveis, que não foram testadas pelo padrão da função `auto.arima`.

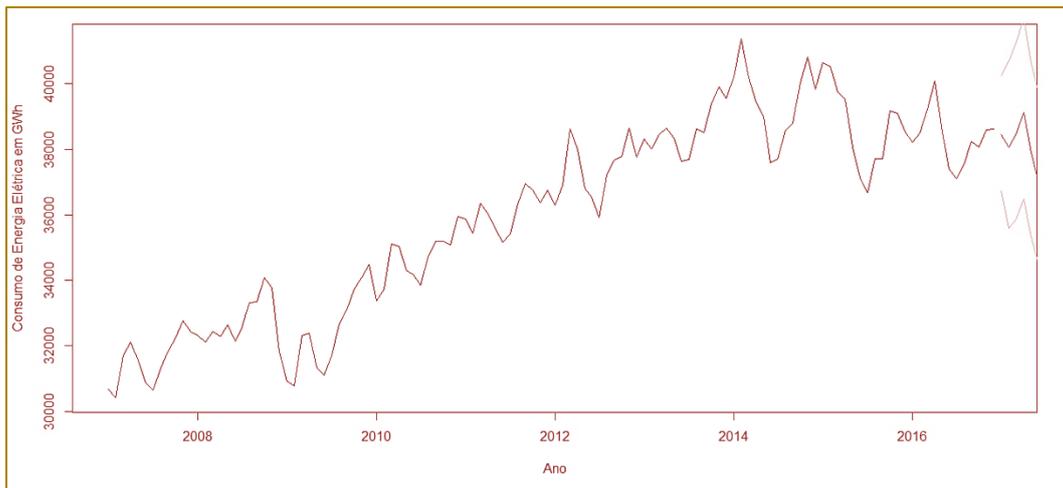
### 4.3 PREVISÃO

Figura 12 - Previsão para o ano de 2017 pelo modelo SARIMA (1,0,2)(1,0,1)[12]



Fonte: Elaboração Própria (2018)

Figura 13 - Previsão para o ano de 2017 pelo modelo SARIMA (0,0,2)(2,0,0)[12] -crise de 2008



Fonte: Elaboração Própria (2018)

Para fazer a previsão, utiliza-se a função predict para o ano de 2017 e 2018, e os valores reais para calcular os erros. As Figuras 12 e 13 apresentam a previsão para os meses de janeiro a setembro de 2017 que,

apesar de disponíveis, não foram utilizados na série para possibilitar a análise do erro do modelo. Na Figura 12 observa-se que os valores são mais baixos, enquanto na Figura 13 há presença de um pico.

Tabela 4 - Previsão para os dois modelos

Meses/Ano	Valor Real	SARIMA(1,0,2)(1,0,1)[12]		SARIMA(0,0,2)(2,0,0)[12] - crise 2008	
		In do Valor Predito	Valor Predito	In do Valor Predito	Valor Predito
Janeiro/2017	39138	10,5643	38727	10,55714	38451
Fevereiro/2017	38440	10,5678	38863	10,5468	38055
Março/2017	40241	10,57008	38952	10,55798	38483
Abril/2017	39070	10,57301	39066	10,57437	39119
Mai/2017	37912	10,55126	38226	10,54218	37880
Junho/2017	37745	10,53292	37531	10,51883	37006
Julho/2017	37084	10,52847	37364	10,5118	36747
Agosto/2017	37616	10,54256	37894	10,52203	37124
Setembro/2017	38741	10,54942	38155	10,53589	37643
Outubro/2017	-	10,55915	38528	10,53442	37587
Novembro/2017	-	10,56645	38811	10,54525	37997
Dezembro/2017	-	10,5606	38584	10,54476	37978
Janeiro/2018	-	10,56275	38667	10,54093	37833
Fevereiro/2018	-	10,56641	38809	10,53347	37552
Março/2018	-	10,56871	38898	10,54291	37908
Abril/2018	-	10,57144	39005	10,55651	38427
Mai/2018	-	10,55248	38272	10,52999	37421
Junho/2018	-	10,53647	37664	10,51076	36708
Julho/2018	-	10,53259	37519	10,50498	36497
Agosto/2018	-	10,54494	37985	10,51335	36804
Setembro/2018	-	10,55095	38214	10,52482	37228
Outubro/2018	-	10,55947	38541	10,52347	37178
Novembro/2018	-	10,56586	38788	10,53244	37513
Dezembro/2018	-	10,56074	38590	10,53209	37500

Fonte: Elaboração Própria (2018)

Com os valores da Tabela 4, o erro consiste na distância do valor predito ao valor real, de forma quadrática ou em módulo, ponderada ou não, segundo as diferentes fórmulas. Confirma-se juntamente com as figuras, na

Tabela 5, que o modelo SARIMA(1,0,2)(1,0,1)[12] apresentou o menor erro em relação ao modelo SARIMA(0,0,2)(2,0,0)[12] - crise 2008.

Tabela 5 - Erros calculados para cada modelo

Erros	SARIMA(1,0,2)(1,0,1)[12]	SARIMA(0,0,2)(2,0,0)[12] - crise 2008
RQEMP	947,91	1359,46
EAMP	1291	1839
EAMPP	3,29%	4,69%

Fonte: Elaboração Própria (2018)

## 5 CONCLUSÃO

O objetivo deste estudo foi identificar um modelo que melhor se ajustasse a série temporal de consumo de energia elétrica por meio da metodologia Box-Jenkins. Primeiramente, criou-se uma Figura para verificar o comportamento dela, levando-se em conta a periodicidade dos dados. Em seguida, observou-se uma tendência crescente e um componente aparentemente sazonal, que depois foi confirmado por meio da decomposição da série.

Para remover a tendência e tornar a série estacionária, realizou-se a diferenciação de primeira ordem, que consistiu em criar uma nova série com a diferença de uma

observação atual da sua anterior. Entretanto, esta abordagem para séries com grande amplitude numérica não foi suficiente para controlar a variância, então aplicou-se o logaritmo à série original e depois a diferenciação.

Os gráficos de autocorrelação e o de autocorrelação parcial identificaram o padrão de autoregressão e de médias móveis nos resíduos. Por fim, verificou-se que o modelo tem componente de integração 1, que representa a diferenciação de primeira ordem. Pelo AIC e pelos erros de previsão, o melhor modelo foi o SARIMA (1,0,2)(1,0,1)[12], o qual apresentou o menor erro dentre os outros modelos

## REFERÊNCIAS

- [1] BROOKS, C. *Introductory Econometrics for Finance*. Cambridge University Press. 3 ed. United Kingdom, 2014.
- [2] CARNEIRO, A. C. M. *Previsão do consumo de energia elétrica a curto prazo, usando combinações de métodos univariados*. 60p. Dissertação (Mestrado) -Universidade Federal de Juiz de Fora, Minas Gerais, 2014.
- [3] ELETROBRÁS. *Relatório Anual 2016*. Disponível em: <<http://eletrobras.com/pt/SobreaEletrobras/RelatorioAnualSustentabilidade/2016/Relatorio-Anual-Eletrobras-2016.pdf>> Acesso em: 30.01.18.
- [4] EPE. *Empresa de Pesquisa Energética. Resenha Mensal: o consumo de eletricidade apresenta o melhor resultado para o mês desde 2014*. 2017. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/pt/imprensa/noticias/resenha-mensal-dezembro-2017>> Acesso em: 30.01.18.
- [5] GUJARATI, D. N.; PORTER, D. C. *Econometria Básica*. 5. ed. New York: The McGraw-Hill, 2011.
- [6] PINDYCK, R. S.; RUBENFIELD, D. L. *Econometric Models and Economic Forecasts*. New York, McGrawHill, 3rd Ed., 1991.
- [7] POKORNY, M. (1987). *An Introduction To Econometrics*. Nova York: Basil Blackwell, p. 343.
- [8] ROUMANI, Y.; NWANKPA, J. K; ROUMANI, Y. F. *Time series modeling of vulnerabilities*. *Computers & Security*, 51, 32 e 40, 2015.
- [9] SCHMIDT, C. A. J. & LIMA, M.A.M. *A demanda por energia elétrica no Brasil*. *Revista Brasileira de Economia*, 58:67-98, 2004.
- [10] TIDRE, P. V.; BIASE, N. G.; SILVA, M. I. S. *Utilização dos modelos de séries temporais na previsão do consumo mensal de energia elétrica da região norte do Brasil*. *Revista eletrônica matemática e estatística em foco*. Volume 1 - número 1, páginas: 57 a 66, 2013.
- [11] WERNER, L.; RIBEIRO, J. L. D. *Previsão de demanda: uma aplicação dos modelos box-jenkins na área de assistência técnica de computadores pessoais*. *Gestão & Produção*, v.10, n.1, p.47-67, abr. 2003.

# Capítulo 7

## *DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO E ANÁLISE DE INVESTIMENTO PARA O INSTITUTO CENTRO DE ENSINO TECNOLÓGICO*

*Natanael Fernandes Macêdo Junior*

*Flávio Mendonça Bezerra*

*Francisca Jeanne Sidrim de Figueiredo*

*Frederico Romel Maia Tavares*

*Antonio Luis Araujo Silva*

*João Batista Mendes Barbosa*

**Resumo:** A energia solar fotovoltaica é uma solução energética que utiliza da luz proveniente do sol para gerar energia elétrica. Tal tecnologia foi descoberta desde o século 19, porém por questões de inviabilidade econômica e tecnologia pouco desenvolvida foi deixada de lado mediante a atratividade de outras fontes de energia como o carvão mineral e outros combustíveis fósseis. Atualmente a tecnologia fotovoltaica vem se tornando recorrente em diversos países por ser uma fonte de energia limpa e renovável. Este estudo tem como objetivo realizar o dimensionamento de um sistema solar fotovoltaico para atender a demanda energética do Instituto Centro de Ensino Tecnológico – CENTEC, instituição essa que é composta por um prédio que contém 10 salas de aula, 16 laboratórios e refeitório anexo além de salas de administração, coordenação, biblioteca e centros acadêmicos. O estudo visa dimensionar um sistema fotovoltaico que seja capaz de abastecer todo o prédio e esteja possibilitado de suportar uma futura ampliação da instituição. Será feita também uma análise da viabilidade econômica do projeto com base no valor do investimento total calculado e o tempo necessário para pagar tal investimento para isso serão utilizados métodos bastante recorrentes no cálculo econômico, como TIR, VPL e PAYBACK.

**Palavras-chave:** Energia fotovoltaica; Análise de Viabilidade Econômica; Solução Energética; Dimensionamento

## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil vem enfrentando uma crise energética sem precedentes nos últimos anos, diversos fatores implicam no agravamento desta crise, fatores estes que são: o aumento gradativo no consumo de energia elétrica no país aliado a falta de investimento no setor energético, não bastasse isso, em 2014 destacou-se ainda mais a crise hídrica no país o que influenciou diretamente na decadência no setor energético brasileiro, tendo em vista que 70 % da energia gerada no Brasil é proveniente de hidrelétricas ( ANEEL, 2011).

Com o avanço no desenvolvimento de técnicas mais eficientes de aproveitamento da energia solar e baseando-se também no potencial energético da região Caririense. Torna-se pertinente o planejamento e estudo da viabilidade da aplicação dessas novas tecnologias nessa região.

O uso de painéis fotovoltaicos na produção de energia elétrica além de trazer benefícios ao meio ambiente pela redução no uso das termelétricas, ainda implica em uma redução significativa nas perdas técnicas de distribuição elétrica, uma vez que essa nova alternativa possibilita a instalação de unidades descentralizadas.

Levando em consideração esse contexto, o objetivo desse trabalho é dimensionar um sistema fotovoltaico para uma instituição de ensino superior localizada na região do Cariri cearense e ao mesmo tempo realizar uma análise de viabilidade econômica.

## 2 METODOLOGIA

O trabalho que foi desenvolvido aqui se classifica como um estudo de caso exploratório, que busca levantar dados quantitativos do consumo energético da instituição, para assim dimensionar corretamente um sistema fotovoltaico visando suprir totalmente a necessidade energética do prédio. Foi estabelecida também no projeto uma margem para o caso de expansão da matriz de consumo elétrico da instituição. Após todo o processo de dimensionamento foi realizada uma análise econômica, visando obter ou não a confirmação da viabilidade do investimento.

## 3 REFERENCIAL TEÓRICO

### 3.1 A RADIAÇÃO SOLAR

A estrela central do sistema solar, o sol, é elemento de suma importância e que desempenha papel fundamental na existência de todos os seres vivos. Além disso, o sol é a fonte de energia com o maior potencial para suprir a necessidade crescente da humanidade por energia. A energia solar pode ser aproveitada diretamente de uma fonte quase que inesgotável e que está disponível para todos, e que não causa nenhum efeito degradante ao planeta terra, além disso, existem alguns fatos sobre a energia solar que também devem ser levados em consideração:

- A energia solar recebida pela Terra é cerca de 5 mil vezes maior do que o consumo mundial de eletricidade e energia térmica somados (ABBOTT, 2010).

- A energia solar que chega a Terra em um ano é cerca de 40 vezes maior do que as reservas mundiais de petróleo, carvão, gás natural e urânio somadas (OPEC, 2005).

Ao atravessar a atmosfera, a radiação interage com as partículas desta e parte dessa radiação é espalhada nas outras direções além daquelas de incidência. A parcela da energia radiante incidente no “topo da atmosfera”, que “chega diretamente” à superfície do solo é chamada radiação direta, e a densidade de fluxo correspondente a tal radiação é denominada irradiância solar direta. Pela lei de Lambert é possível perceber que a irradiância solar direta incidente sobre uma superfície qualquer será dada pelo produto entre a densidade de fluxo de radiação incidente ortogonalmente multiplicado pelo cosseno do ângulo zenital (QUASCHNING, 2005), conforme equação 1.

$$R_{Direta} = I_N \cos Z \quad (\text{eq.1})$$

Onde Z é o ângulo de incidência da radiação direta e  $I_N$  é o fluxo de radiação incidente ortogonalmente.

A outra parcela de energia radiante é proveniente da parte da radiação que atinge o topo da atmosfera, mas ao atingir com esta sofre o processo de difusão, atingindo indistintamente a superfície da terra por diferentes direções, sendo denominada assim de irradiação solar difusa. Essa irradiância solar difusa pode ser visualizada imaginando-

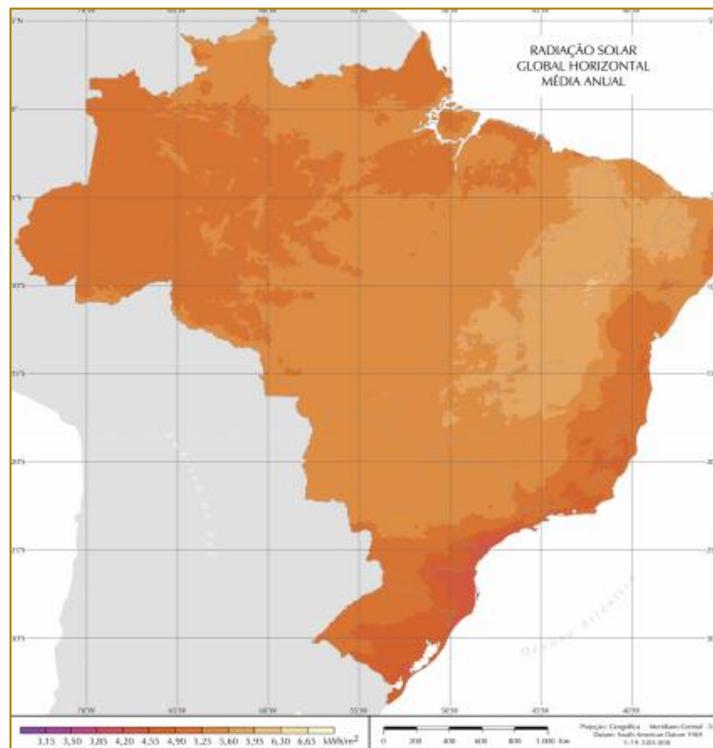
se que é possível a um observador humano enxergar durante um dia nublado, isto é, quando a irradiação solar direta seja nula (QUASCHNING, 2005). O PONTO VEM SEMPRE APÓS A REFERÊNCIA

O Brasil detém um potencial imenso de geração de energia fotovoltaica, devido aos excelentes níveis de irradiação solar e por ser um país tropical. Segundo a Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (ABSOLAR), o Brasil tem um potencial técnico de geração que pode chegar a 30 mil GW.

Número superior à somatória de todas as outras fontes de geração do país e mais de 200 vezes maior que a capacidade instalada da matriz elétrica brasileira, que é de 143 GW.

Esse potencial deve ser aproveitado também pelo fato de que os métodos tradicionais de geração de energia estão se mostrando agressivos e prejudiciais ao meio ambiente. Evidenciando a necessidade da adoção de uma matriz elétrica limpa. A figura 1 mostra a radiação solar anual no Brasil.

Figura 1 - Radiação Solar Horizontal média anual.



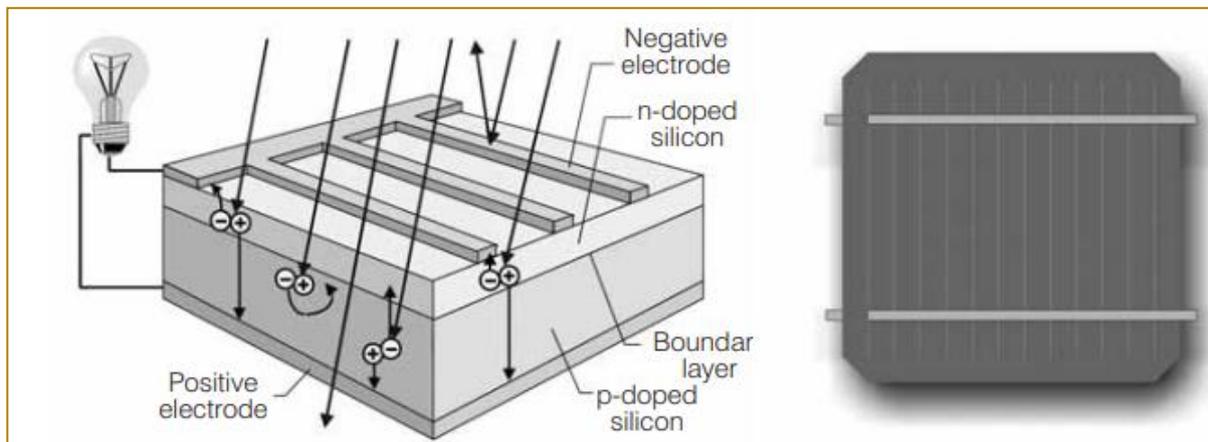
Fonte: Atlas solarimétrico do Brasil, 2006

### 3.2 EFEITO FOTOVOLTAICO

É denominado efeito fotovoltaico o processo físico que consiste na conversão da luz solar em energia elétrica por meio de uma célula fotovoltaica. A luz solar é composta por fótons. Os fótons guardam quantidades distintas de energia, quando estes fótons atingem uma célula fotovoltaica eles podem ser refletidos, absorvidos ou podem atravessar à célula. Os fótons que são absorvidos geram eletricidade (QUASCHNING, 2005).

As células solares podem ser constituídas por diferentes tipos de materiais. Os mais comuns são: Silício (Si), Arseneto de gálio (GaAs), Disseleneto de cobre e índio (CuInSe<sub>2</sub>) e o Telureto de cádmio (CdTe), todos estes são semicondutores, e o mais utilizado dentre eles é o Silício (Si), por ser encontrado em abundância na natureza (PEREIRA OLIVEIRA, 2011). As células fotovoltaicas consistem basicamente de duas camadas de material semicondutor, um tipo p e outro tipo n ambas dopadas com silício. A Figura 2 mostra esquematicamente o efeito fotovoltaico e uma célula cristalina de silício.

Figura 2 - Esquema básico do efeito fotovoltaico e visão frontal de uma célula cristalina de silício



Fonte: Quaschnig (2005)

### 3.3 SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

Sistema solar fotovoltaico, chamado também de sistema de energia solar ou sistema fotovoltaico, é um sistema que possibilita a geração de energia elétrica através da radiação solar. Nos dias atuais existem dois tipos de sistemas fotovoltaicos básicos: sistemas isolados (off-grid) e sistemas conectados a rede (on-grid ou grid-tie) (VILLALVA & GAZOLI, 2012).

Os sistemas off-grid são geralmente utilizados em áreas rurais isoladas, onde o custo de se conectar a rede elétrica é muito elevado necessitam de baterias e controladores de carga para que a eletricidade gerada durante o dia seja utilizada a noite tornando o custo de do sistema mais elevado (VILLALVA & GAZOLI, 2012).

Os sistemas on-grid são utilizado em áreas urbanas onde a rede elétrica está próxima das residências o que possibilita o sistema fotovoltaico de ser ligado a mesma, isso permite uma "troca de energia", onde o excedente de eletricidade gerada é utilizada pela concessionária que em troca dá descontos no valores de aplicados no consumo de energia, diferente dos sistemas off-grid este não necessita de baterias nem controladores de carga, pois a noite a energia que é utilizada pela residência vem da concessionária (PEREIRA & OLIVEIRA, 2013).

Existem basicamente dois componentes principais que constituem um sistema fotovoltaico: painéis fotovoltaico e os inversores de corrente. Painéis fotovoltaicos ou células fotovoltaicas são equipamentos capazes de converter a energia presente na luz por meio dos fótons em energia elétrica.

Isso ocorre, pois os materiais que constituem esses componentes são semicondutores dopados com outros elementos (CABRAL, 2001).

Os inversores de corrente ou conversores de corrente são dispositivos que tem a função de converter a corrente contínua proveniente dos painéis solares em corrente alternada para assim poder ser conectada com a rede elétrica (PEREIRA & OLIVEIRA, 2013).

Os inversores Grid-Tie tem o papel de interagir diretamente com a rede elétrica proveniente da concessionária de energia, misturando por assim dizer a energia gerada pelos painéis solares com a energia elétrica convencional. Já os inversores Off-Grid interagem diretamente com às cargas ,ou seja, não está conectada com a rede elétrica convencional, fator esse que faz com que seja necessário a construção de um banco de baterias para que a energia gerada nas placas seja armazenada e posteriormente convertida para no final ser consumida pelos aparelhos (PINHO & GALDINO, 2014).

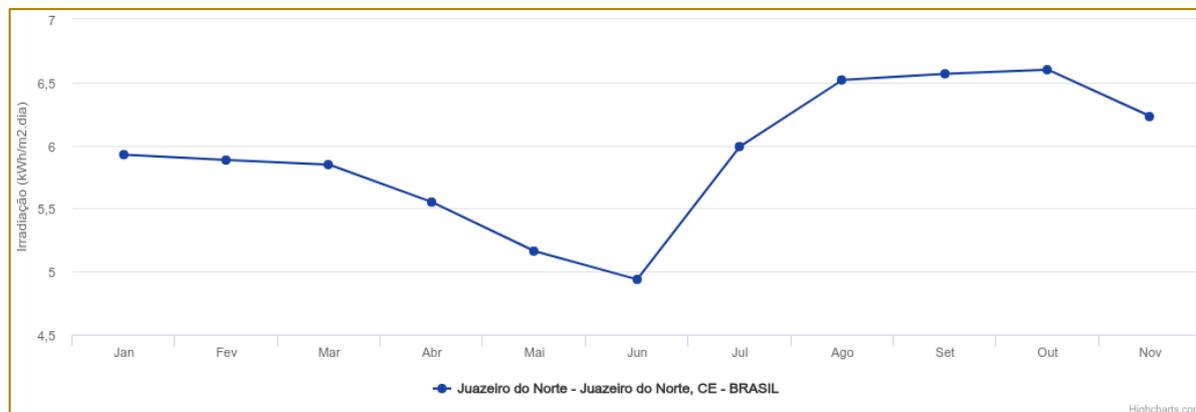
### 4 ESTUDO DE CASO

A instituição na qual foi realizado o estudo de caso está localizada em Juazeiro do Norte – CE. O prédio do Instituto Centro de Ensino Tecnológico – CENTEC possui três andares e conta também com uma oficina mecânica anexa ao prédio no térreo, o terreno da instituição possui aproximadamente 14.875m<sup>2</sup> com área construída de 1.009,8m<sup>2</sup>, a instituição possui um público aproximado de 1600 pessoas por ano.

Os índices de radiação solar registrados na cidade têm uma média de 5,88 kWh/m<sup>2</sup>.dia

com uma variação anual de aproximadamente 1,66kWh/m<sup>2</sup>.dia conforme figura 3.

Figura 3 - Irradiação Solar em Juazeiro do Norte



Fonte: CRESESB (2018)

#### 4.1 IRRADIAÇÃO SOLAR NO LOCAL

O estudo dos níveis de irradiação solar no local onde o sistema foi estudado é necessário para o correto dimensionamento do sistema. Estes dados podem ser obtidos em sites especializados no assunto, porém dependendo da fonte podem ocorrer pequenas variações nos índices.

Segundo Fadigas (2004), a partir dos dados fornecidos pelas estações solarimétricas, existem métodos que permitem gerar dados numa escala de tempo qualquer, seja diária, horária ou ainda menor. A utilização de uma escala temporal reduzida permite avaliar o desempenho do equipamento solar em condições mais próximas da realidade. Neste projeto, para a obtenção dos índices de irradiação solar foi utilizada como fonte o CRESESB (Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica Sérgio de S. Brito).

#### 4.2 ESPAÇO FÍSICO

Outro aspecto importante no dimensionamento é o espaço físico com disponibilidade de instalação dos painéis solares, parâmetros como a presença de

sombra e a possibilidade de futuras obras de ampliação do local devem ser levados em conta para evitar gastos ocasionados por necessidade de realocação dos painéis.

No prédio do Instituto Centro de Ensino Tecnológico (CENTEC), há uma disponibilidade de 734,8m<sup>2</sup> no teto da instituição e 275m<sup>2</sup> na cobertura do galpão, totalizando uma área de 1009,9m<sup>2</sup>, além da possibilidade de fazer uma cobertura no estacionamento com Painéis fotovoltaicos caso seja necessário.

#### 4.3 CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA

O consumo da Instituição varia de acordo os meses do ano, por se tratar de uma instituição de ensino conforme o decorrer dos semestres letivos fazem-se necessárias aulas práticas com a utilização dos laboratórios o que gera um pequeno aumento no consumo. Já nos meses de férias (janeiro, julho e parte de agosto) percebe-se uma queda brusca no consumo de energia devido ao período de férias isto pode ser percebido na Tabela 1.

Tabela 1 - Consumo de energia elétrica na instituição (2015).

Mês	Consumo médio (kw/h)	Dias de Cons./Mês	Média diária (kwh/DIA)
Janeiro	21635	32	676,094
Fevereiro	18192	30	606,400
Março	19300	31	622,581
Abril	15883	30	529,433
Maio	20738	31	668,968
Junho	18826	29	649,172
Julho	16910	30	563,667
Agosto	15139	29	522,034
Setembro	19859	29	684,793
Outubro	19973	32	624,156
Novembro	23205	31	748,548
Dezembro	20174	30	672,467
Média	19153	30	630,693

Fonte: CENTEC (2018)

#### 4.4 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA

Através do cálculo da potência nominal (gerada a partir da radiação solar) necessária para atender ao consumo médio diário da edificação, pode-se estimar a área de painéis a ser instalada. Este cálculo mostra, de forma aproximada, a capacidade da edificação de manter-se autônoma, apenas fazendo uso energia solar, ou seja, independente da energia da rede elétrica pública (MARINOSKI, 2004).

Para a realização deste cálculo é necessário ter conhecimento prévio de alguns dados como o consumo anual dividido pela quantidade de dias no ano que nesse estudo equivale a 630,693 kwh/dia. O índice de radiação diária que incide sob a região onde a instituição está localizada onde foi adotado 5,49. Estes dados foram apresentados previamente neste projeto. É necessário também definir um rendimento esperado (aproximado) para o sistema, como ao longo deste projeto vem sendo frisado que será adotado um método conservador para que o sistema dimensionado possa suprir as necessidades energéticas da instituição caso ocorra uma eventual ampliação do prédio, foi determinado um rendimento de 85%, a equação 2, utilizada pode ser vista logo abaixo.

$$P_{cc} = (E/G)/R(\text{eq.2})$$

Onde:

Pcc = Potência média necessária (kWpcc);

E = Consumo médio diário durante o ano (kWh/dia);

G = Ganho por radiação solar: média mensal do total diário ( kWh/m<sup>2</sup>/dia);

R = Rendimento do sistema (%)

A partir da equação 2, foi obtida uma potência média necessária de 135,15 kW\_Pcc para atender a demanda energética diária da instituição. Com este valor é possível estimar a área total que será ocupada pelos painéis solares. Os painéis fotovoltaicos possuem diferentes graus de eficiência que variam de acordo com a tecnologia utilizada na confecção de cada painel, o modelo que foi escolhido para ser utilizado neste projeto possui eficiência de 16,20% (é considerada uma alta eficiência). Dessa forma pela Equação 3 é possível determinar a área total a ser ocupada pelos painéis.

$$A_{total} = P_{cc}/\text{Eff} (\text{eq. 3})$$

Onde:

Atotal = Área total dos painéis (m<sup>2</sup>)

Pcc = Potência média necessária (kWpcc);

Eff = Eficiência do painel (%);

Dessa forma obtemos uma área total necessária de 834,26m<sup>2</sup> compatível com a área total do telhado do prédio que mede 1009,9m<sup>2</sup>, ou seja, apenas com o espaço disponível no telhado será possível suprir a demanda energética da instituição.

#### 4.4.1 ESCOLHA DOS PAINÉIS

Para escolher o tipo dos módulos fotovoltaicos levou-se em conta fatores como potência nominal máxima, preço, eficiência e área total ocupada, por fim foi escolhido o modelo GBR315p da marca GLOBO BRASIL. Este modelo de painel possui 72 células de silício policristalino, na tabela 2 é possível observar as principais características do módulo fotovoltaico escolhido.

Tabela 2 - Características do módulo fotovoltaico escolhido

Marca	GLOBO SOLAR
Modelo	GBR315p
Tipo	Policristalino
Dimensões	1956x992x40mm
Peso	27kg
Potência Nominal Máxima (Pmax)	36.6V
Eficiência do Módulo	16,20%
Tensão de Potência Máxima (vmp)	36.6V
Corrente de Máxima Potência (imp)	8.61A
Tensão de Circuito Aberto (voc)	45.38V
Corrente de Curto Circuito (isc)	9.50A

Fonte: Globo Solar (2018)

Cada módulo possui potência de 315Wp e 72 células de silício policristalino, condição padrão de teste STC: temperatura ambiente de 25°C e irradiância de 1000W/m<sup>2</sup>. Uma resistente camada de vidro temperado protege as células fotovoltaicas contra chuva, sujeiras e eventuais impactos, a moldura do painel é em alumínio anodizado fosco. O motivo pelo qual foi escolhido um modelo policristalino ao invés de monocristalino foi a temperatura da região que possibilita uma maior eficácia na geração de energia nos modelos de silício policristalino.

Para determinar a quantidade de painéis necessários utilizaremos o valor obtido no cálculo da área total fornecido pela Eq. 3, também será utilizado valor correspondente à área do painel fotovoltaico que foi escolhido para o projeto. Fazendo o quociente entre esses 2 valores obtemos a quantidade de painéis necessários. Nesse estudo foi dimensionado 430 painéis fotovoltaicos de 315W

Dessa forma, obteremos uma potência de pico equivalente a 135kWp e uma produção de energia elétrica anual estimada de 267703,38kW.

#### 4.4.2 INVERSORES

O modelo de inversor que foi selecionado para compor o projeto é o INGECON SUN 110TL B220 da marca Ingeteam. As especificações técnicas podem ser analisadas na tabela 3.

Para a escolha deste modelo de inversor foi necessário atentar para os valores de corrente e tensão que são fornecidos pelos módulos fotovoltaicos, estes devem ser menores que o valor de entrada do inversor, da mesma forma que o valor de potência deve respeitar o valor de FDI (Fator de Dimensionamento do Inversor)

Tabela 3 - Especificações do Inversor de corrente.

Valores de Entrada (DC)	110TL B220
Alcance do campo de pot. PV recomendado	103 – 130 kWp
Alcance da Tensão MPP	405 – 820 V
Tensão Máxima	1000 V
Corrente Máxima	400A
Nº De entradas	4
MPPT - Valores de Saída (AC)	1
Potência Nominal	110 kW
Corrente Máxima	368A
Tensão Nominal	220V Sistema IT
Frequência Nominal	50/60Hz
Cosseno Phi	1
Cosseno Phi Ajustável	Sim, Smáx=110 kVA

Fonte: Ingeteam (2018)

O Fator de Dimensionamento de Inversores (FDI) representa a relação entre potência nominal, corrente alternada, do inversor e a potência de pico do gerador fotovoltaico, assim como mostra a Eq. 4.

$$FDI = \frac{PP_{NCA}(W)}{PFV(WP)} \quad (\text{eq. 4})$$

Onde:

FDI= Fator de dimensionamento do inversor;

PNCA (W) = Potência nominal em corrente alternada do inversor;

PFV (WP) = Potência pico do painel fotovoltaico;

A análise da literatura mostra que os valores inferiores de FDI recomendados por fabricantes e instaladores situam-se na faixa de 0,75 a 0,85, enquanto que o limite superior é de 1,05 (GALDINO, 2014).

Os valores obtidos pelos módulos fotovoltaicos e o inversor de corrente foram respectivamente de 102,29 W e 110 kWp. Dessa forma o resultado obtido com o cálculo do FDI foi de 0,87.

#### 4.5 ESTIMATIVA DE CUSTOS E ANÁLISE DE INVESTIMENTO

Para a realização desta análise econômica são considerados gastos com painéis fotovoltaicos, inversores de corrente, estruturas de montagem, equipamentos elétricos auxiliares e também o custo com a instalação do sistema.

##### 4.5.1 CUSTOS COM EQUIPAMENTOS E INSTALAÇÃO

São tratados aqui custos com cabos e conexões, estruturas mecânicas de suporte aos painéis e também no que tange montagem e instalação do sistema propriamente dito, tais custos podem representar até 40% do investimento total. Para a estimativa destes custos será feita aqui utilização da tabela 4, fruto de um estudo realizado por Landeira 2013, onde foi feita uma análise técnico-econômica sobre a viabilidade de implantação de sistemas de geração fotovoltaica. CapEx representa o montante de dinheiro gasto na aquisição dos produtos.

Tabela 4 - Estrutura do Capex para uma central geradora fotovoltaica

CapEX		Porcentagem (R\$)	
CapEx Módulos	2,47	R\$/Wp	40,76
CapEx Inversores	0,90	R\$/Wp	14,69
CapEXBos	1,70	R\$/Wp	28,05
CapEx Instalação	1,00	R\$/Wp	16,50
Total	6,07	R\$/Wp	100

Fonte: LANDEIRA (2013)

É importante destacar que os valores referentes aos inversores e painéis foram estabelecidos mediante uma pesquisa de mercado on-line, o preço dos painéis solares foi cotado com ajuda do site CivicSolar já os inversores na Autosolar. Estes valores podem ser conferidos na Tabela 5.

BoS que é mostrado na Tabela 5, faz referência a todos os componentes auxiliares à instalação, estão cotados aqui valores de: estruturas de suporte; cabos elétricos; quadros e proteções elétricas; sistema de proteção contra descargas atmosféricas e o sistema de monitoramento.

Tabela 5 - Custo Total do Sistema

Quantidade	Equipamento	Custo Total (R\$)	Custo R\$/wp	Porcentagem (%)
2	Inversor de Corrente	387.000,00	2,86	42
430	Painel Fotovoltaico	168.400,00	1,24	18
	Instalação	135.450,00	1,00	15
	BoS	230.265,00	1,70	25
	Total	921.115,00	6,8	100

Fonte: O autor

#### 4.5.2 ANÁLISE DE INVESTIMENTO

Nesta etapa são utilizadas duas técnicas que são as mais recorrentes na literatura para análises de investimentos, são elas: VPL (Valor Presente Líquido) e TIR (Taxa Interna de Retorno).

O valor presente líquido do fluxo de caixa é obtido subtraindo-se os investimentos iniciais de um projeto de valor presente das entradas de caixa, descontados a uma taxa igual ao custo de oportunidade da empresa. O projeto deverá ser aceito quando seu VPL for positivo, o que significa que ele proporcionará um retorno à empresa superior ao seu custo de capital (FREZATTI, 2008).

Quando se usa a TIR para tomar decisões de aceitação/rejeição, os critérios "... garantem que a empresa receba, pelo menos, o retorno requerido. Tal resultado deve aumentar seu valor de mercado e, portanto, a riqueza de seus proprietários" (GITMAN, 2010).

Para a realização desta análise foi adotado o método de projeção que as empresas de energia solar utilizam ao prepararem seus orçamentos. Portanto será utilizada aqui a tarifa de energia mais alta registrada durante o ano em estudo (2015) com um acréscimo estimado de 1% nos próximos anos, dessa forma poderemos constatar em qual ano o investimento passará a gerar lucro à instituição. Para o VPL será considerada uma TMA (Taxa Mínima de Atratividade) de 7,5% ao ano. Para a análise do investimento foram analisados dois cenários, variando apenas o tempo em questão, no caso 10 e 15 anos respectivamente.

No cenário 1 o investimento foi analisado levando-se em conta posteriores dez anos, foram então calculados o VPL, TMA e PAYBACK.

Realizados os cálculos foi constatado que em 10 anos o saldo acumulado já ultrapassa o valor total do investimento com o PAYBACK

previsto para o 9º ano. O VPL torna-se positivo no 6º ano que é um tempo razoavelmente curto. Para esse período a TIR é de 20%, quase três vezes maior que a TMA, portanto tal investimento já seria viável caso considerássemos o tempo de 10 anos.

- PAYBACK = 9anos
- TMA = 7,5% ao ano
- VPL = R\$ 587.080,57
- TIR = 20%
- Total Acumulado (10 anos) = R\$ 1.291.493,03

Para um cenário de 15 anos tal investimento já se torna altamente atrativo com um saldo acumulado em geração de energia no 15º ano de R\$ 2.483.147,74 e o VPL cobrindo o valor total do investimento no ano 14. A TIR para essa projeção é de 23% mais que três vezes maior que a TMA.

## 5 CONCLUSÃO

O trabalho aqui desenvolvido teve como objetivo dimensionar um sistema solar fotovoltaico juntamente com um estudo de viabilidade econômica para atender a demanda energética do Instituto CENTEC, os resultados obtidos foram bastantes satisfatórios com base na análise econômica.

## REFERÊNCIAS

- [1] ABBOTT, Derek. Keeping the Energy Debate Clean: How do We Supply the World's Energy. Vol. 98, Nº 1, 2010.
- [2] ANEEL. Fontes hidráulicas geram a maior parte da energia elétrica, 2011. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/infraestrutura/2011/12/fonte-s-hidraulicas-geram-a-maior-parte-da-energia-eletrica>> Acesso em: 28 março 2018.
- [3] CABRAL C. Energia Fotovoltaica. Universidade Federal de Viçosa. MG – Brasil, 2001.
- [4] CRESESB – Centro de Referência Para as Energias Solar e Eólica Sérgio de S. Brito. Disponível em: <<http://www.cresesb.cepel.br/index.php#data>> Acesso em: 27 março 2018. Disponível em: <<http://www.opec.org/library/Annual%20Statistical%20Bulletin/pdf/ASB2005.pdf>>. Acesso em: 21 abril 2018.

Com a realização deste trabalho foi possível concluir que atualmente no Brasil não é viável para fins de investimento a instalação de um sistema offgrid. É importante ressaltar também que o valor de investimento obtido aqui foi uma estimativa do real valor. Para a instalação dos painéis solares foi utilizado quase todo o espaço disponível no telhado da instituição, para o estudo da radiação solar foram utilizados valores correspondentes ao índice de incidência de raios solares, obtidos no site do CRESESB mediante as coordenadas do local estudado.

Com base nos valores obtidos com os cálculos do VPL, TIR e PAYBACK obtivemos que o investimento possui sim viabilidade econômica considerando um período de 10 a 15 anos, pois o PAYBACK será obtido no 9º ano, o VPL cobrirá o valor total do investimento em 14 anos.

A contribuição prática é a possibilidade de que este trabalho seja utilizado como base para aplicação em outros ambientes. A contribuição acadêmica está na publicação deste estudo de caso, permitindo a todos que se interessem pelo assunto um maior entendimento.

Como pesquisas futuras, fica a proposta de aplicação deste método em outras empresas para validar dados e aperfeiçoar o método de análise de viabilidade econômica para este tipo de negócio.

- [5] FADIGAS, E.A.F. A Energia Solar Fotovoltaica: Fundamentos, conversão e viabilidade técnico-econômica. Grupo de energia escola politécnica da universidade de São Paulo (GEPEA), São Paulo, 2004.
- [6] FREZATTI, Fábio. Gestão da viabilidade econômico-financeira dos projetos de investimento. São Paulo: Atlas, 2008.
- [7] GITMAN, Lawrence J. Princípios de administração financeira. 12. ed. São Paulo: Pearson, 2010.
- [8] GLOBO BRASIL. Fornecedor do painel solar. Disponível em: <<http://www.paineisglobobrasil.com.br>> Acesso em: 08 março 2018.
- [9] INGETEAM. Fornecedor do Inversor. Disponível em : <<https://www.ingeteam.com/br/pt->

br/energy/energia-fotovoltaica/s15\_24\_p/produtos.aspx> Acesso em: 10 abril 2018.

[10] LANDEIRA J. Análise Técnico-Econômica sobre a Viabilidade de Implantação de Sistemas de Geração Fotovoltaica Distribuída no Brasil. Dissertação de Mestrado, UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2013.

[11] MARINOSKI, SALAMONI, RÜTHER. Pré-Dimensionamento De sistema solar fotovoltaico estudo de caso do edifício sede do CREA-SC. Santa Catarina, 2004.

[12] Organization of Petroleum Exporting Countries - OPEC .Annual Statistical Bulletin, 2005.

[13] PEREIRA OLIVEIRA, Denis Rafael. Construção e Caracterização de Célula Solar Tipo Barreira

[14] SCHOTTKY CdTe/Al. Viçosa –MG, 2011.

[15] PEREIRA, F.; OLIVEIRA, M. Curso técnico instalador de energia solar fotovoltaica. Porto: Publindústria, 2011.

[16] PINHO, J.; GALDINO, M. Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos. Rio de Janeiro: Cepel-Cresesb, 2014.

[17] QUASCHNING V. Understanding Renewable Energy Systems. Londres – Inglaterra, 2005. Disponível em: <<https://altenergiya.ru/wp-content/uploads/books/common/understanding-renewable-energy-systems.pdf>>. Acesso em: 23 abril 2018.

[18] VALLÊRA, António M.. Meio Século de Historia Fotovoltaica. Gazeta de Física.Lisboa – Portugal, 2010.

[19] VILLALVA, M.; GAZOLI, J. Energia solar fotovoltaica: conceitos e aplicações. São Paulo: Editora Erica, 2012.

# Capítulo 8

## *AJUSTE AUTOMÁTICO DE MODELOS ARCH/GARCH POR MEIO DA META-HEURÍSTICA FIREFLY*

*Levi Lopes Teixeira*

*Samuel Bellido Rodrigues*

*Tásia Hickmann*

*Jairo Marlon Corrêa*

*Edgar Manoel Carreño Franco*

**Resumo:** Neste artigo foi proposto um método automático para a modelagem da volatilidade de retornos oriundos de séries temporais financeiras. O método consiste no ajuste, quando necessário, de modelos autorregressivos médias móveis (ARMA), combinado com a aplicação dos modelos ARCH/GARCH. A estimação dos parâmetros desses modelos foi executada a partir da meta-heurística Firefly. O método automático proposto foi avaliado a partir da utilização da série de retornos diários do banco BANESPA. Os resultados obtidos neste estudo foram comparados com resultados da literatura técnica, sendo constatado, para a série analisada, que o método é eficiente e propiciou agilidade na previsão da volatilidade.

## 1. INTRODUÇÃO

Modelos matemáticos e o avanço das tecnologias da informação estão propiciando cada vez mais o uso de previsões a partir de séries temporais, sendo utilizadas por profissionais das engenharias, ciências e negócios. Tomadores de decisão empregam previsões em análises e planejamento de necessidades operacionais futuras em áreas diversas, tais como: precipitação atmosférica, índices da bolsa de valores, planejamento energético, entre outras. Por outro lado, identifica-se uma baixa oferta de profissionais capacitados no trato dos modelos destinados às previsões. Os modelos lineares ARCH/GARCH são relativamente simples e largamente aplicados na análise de séries temporais financeiras, particularmente a estimativa da volatilidade, mas exigem a intervenção de um analista para a adequação da série aos pressupostos desses modelos e definição de seus parâmetros. Nessas circunstâncias, um algoritmo automático de previsão pode ser de grande valia em situações específicas onde a série temporal já tenha sido analisada previamente por um especialista, que validará a aplicação do algoritmo automático para a série em questão.

Hyndman e Khandakar (2008) desenvolveram um pacote para o software R, no qual são executados de forma automática os modelos ARIMA e Holt-Winters, sendo os parâmetros dos modelos estimados pela função de máxima verossimilhança. Outros autores propuseram a utilização de meta-heurísticas para a estimação dos parâmetros de modelos automáticos (lineares e não lineares) de previsão de séries temporais (ST). Nesta linha, Siqueira et al. (2010) trabalharam com as meta-heurísticas Algoritmo Genético (AG) e Opt-aiNet na estimação dos parâmetros de modelos ARMA. Gnanlet e Rajendran (2009) também ajustaram modelos ARMA e os parâmetros obtidos por meio de um sistema formado pelas meta-heurísticas AG e Simulated Annealing. Rout et al. (2014) fizeram previsões de séries temporais de taxa de câmbio a partir de modelos ARMA e a meta-heurística Evolução Diferencial. Behnamian e Ghomi (2010) aplicaram a meta-heurística PSO na estimativa dos parâmetros de um modelo não linear de previsão de séries temporais. Silva (2008); asadi et al. (2011); Baragona et al. (2001) e Grebogi (2013), entre outros, lançaram mão das meta-heurísticas para ajuste de modelos de previsão.

Os modelos ARCH e GARCH foram introduzidos por Engle (1982) e Bollerslev (1986), respectivamente. Enquanto modelos ARIMA modelam a média condicional, os modelos ARCH/GARCH modelam a variância condicional. Wei; Wang; Huang (2010) compararam resultados obtidos por modelos GARCH lineares e não lineares na previsão da volatilidade (variância) no mercado de óleo cru, constataram um melhor desempenho dos modelos GARCH não lineares. Saltik; Degirmen; Ural (2016) utilizaram modelos GARCH e outros derivados dele, na análise da volatilidade do retorno dos preços do mercado de petróleo bruto e gás natural, apresentando recomendações potenciais para os investidores. Os autores Cheong (2009); Otuki; Weydmann; Seabra (2009); Lima et al. (2010); Jubert et al. (2008) também utilizaram modelos ARCH/GARCH na previsão da variância condicionada. A estimativa dos parâmetros dos modelos da classe GARCH passam por métodos numéricos que usam derivadas, como o método de Newton, ou aqueles que não usam derivadas, sendo a meta-heurística Firefly uma das opções.

Uma breve inspeção na literatura permite constatar uma enorme gama de meta-heurísticas aplicadas nas mais diversas áreas. A Firefly, meta-heurística usada neste trabalho, foi introduzida por Yang (2010). Segundo ele, o algoritmo Firefly foi um sucesso na resolução de problemas não lineares. Mostrando ser mais poderoso que outros algoritmos existentes, como a otimização por enxame de partículas. Segundo Abdelaziz et al. (2015), a Firefly é largamente utilizada em aplicações da engenharia elétrica por conta da sua rapidez e eficiência em relação a outros algoritmos de otimização. Agarwal et al. (2013) compararam três algoritmos bio-inpirados: Artificial Bee Colony, Particle Swarm Optimization (PSO) e Firefly. Concluíram que o último foi superior aos dois primeiros.

A proposta deste trabalho é apresentar um sistema de previsão automático que integre modelos ARMA e ARCH/GARCH a fim de se prever a volatilidade de séries financeiras que apresente efeito ARCH. Estimando os parâmetros dos modelos em questão a partir da meta-heurística Firefly. A fim de averiguar a funcionalidade do sistema proposto, realizou-se a previsão da volatilidade dos retornos da série BANESPA, encontrada no livro Análise de Séries Temporais dos autotres Morettin e Tolo (2006). Os resultados obtidos por esses

autores são compatíveis aos encontrados pelo sistema de previsão automático proposto neste trabalho.

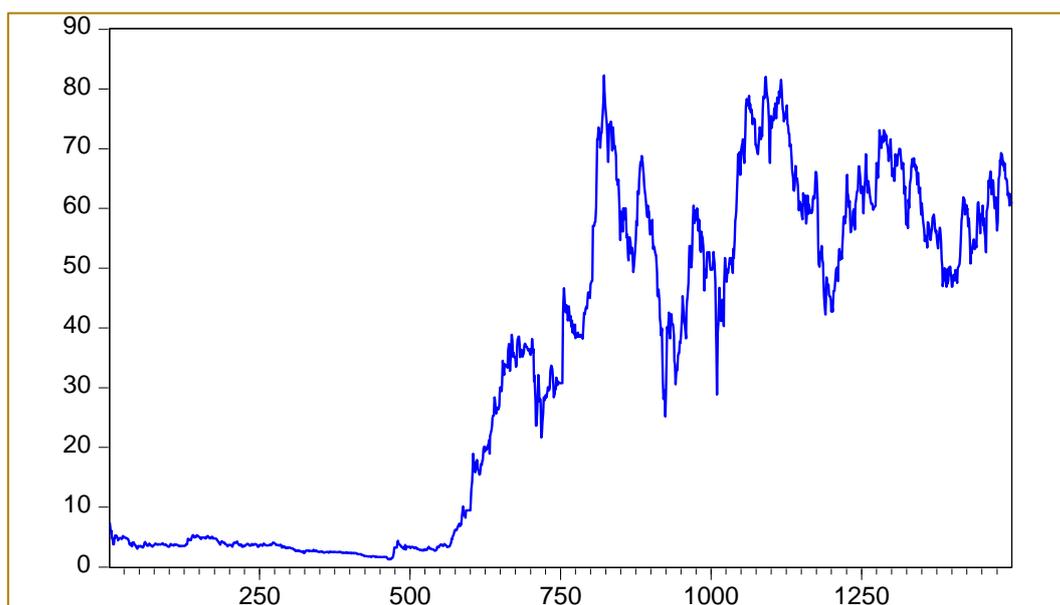
## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

A seguir são apresentadas as informações relativas à ST usada neste estudo e o método proposto.

### 2.1 MATERIAIS

A série temporal analisada neste estudo foi retirada da página eletrônica do livro *Análise de Séries Temporais* dos autores Morettin e Tolo (2006), cujo endereço é: <https://www.ime.usp.br/~pam/ST.html>. A série possui 1499 observações e refere-se as cotações em reais das ações do Banco do Estado de São Paulo (BANESPA), uma instituição financeira extinta e que foi adquirida em novembro de 2000 por um grupo financeiro de origem espanhola. O gráfico da série temporal BANESPA  $(y_t)_{t=1}^{1499}$  pode ser observado na Figura 1.

FIGURA 1- Cotações em reais das ações do BANESPA.



Fonte: autoria própria (2018)

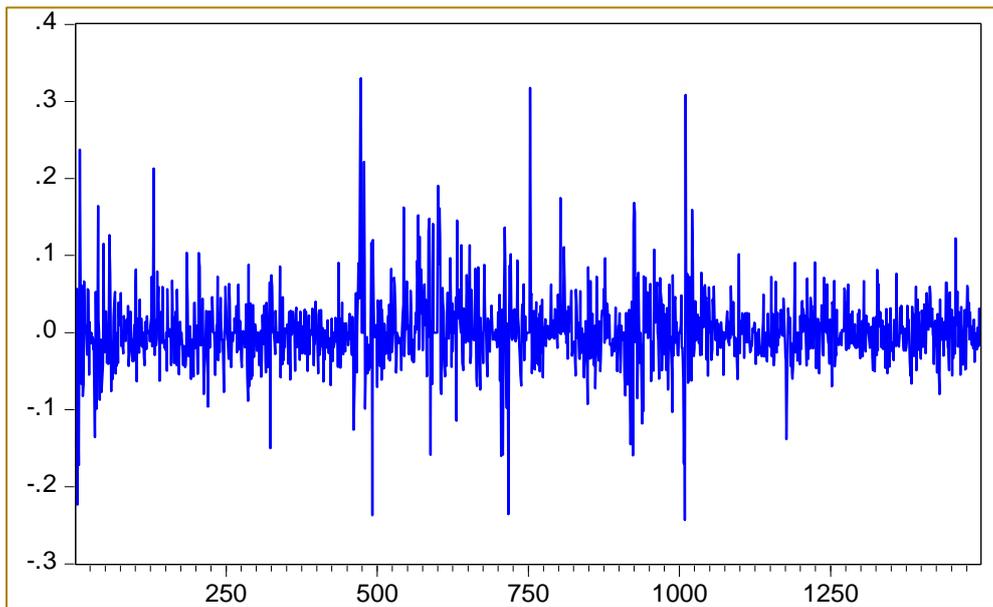
Sendo  $y_t$  o preço de um ativo financeiro, então o retorno relativo a este ativo pode ser obtido por meio da Equação 1.

$$r_t = \log(y_t) - \log(y_{t-1}) \quad (1)$$

De acordo com Morettin e Tolo (2006) a série temporal de retornos tende a ser estacionária. Desta forma, neste trabalho não foi considerada a utilização de testes de

estacionariedade para a série de retornos. A série temporal de retornos  $r_t$  está representada na Figura 2.

FIGURA 2 – Série de retornos das cotações das ações do BANESPA.



## 2.2 MODELOS ARCH/GARCH

Um processo  $X_t$ , diz-se um processo Autorregressivo de Heterocedasticidade Condicional - ARCH( $s$ ) se  $X_t$  for um produto de um número  $\varepsilon_t$  (número aleatório com

média zero e variância igual a 1) pela raiz da variância condicionada de  $X_t$ , conforme Equação 2. A variância condicionada ( $h_t$ ) está expressa na Equação 3, onde  $\alpha_0 > 0$ ,  $\alpha_i \geq 0$ , ( $i = 1, \dots, s$ ) e  $\sum_{i=1}^s \alpha_i < 1$ .

$$X_t = \varepsilon_t \sqrt{h_t} \quad (2)$$

$$h_t = \alpha_0 + \alpha_1 X_{t-1}^2 + \alpha_2 X_{t-2}^2 + \dots + \alpha_s X_{t-s}^2 \quad (3)$$

Uma generalização do modelo ARCH( $s$ ) é o GARCH( $s, u$ ), modelo Autorregressivo de Heterocedasticidade Condicional

Generalizado, proposto por Bollerslev (1986), onde  $h_t$  é dado pela Equação 4.

$$h_t = \alpha_0 + \alpha_1 X_{t-1}^2 + \dots + \alpha_s X_{t-s}^2 + \beta_1 h_{t-1} + \dots + \beta_u h_{t-u} \quad (4)$$

O teste de Box-Pierce permite indicar se uma série temporal pode ser classificada como aleatória e não possuidora de estruturas de autodependência linear que possam ser modeladas. Então, se o teste de Box-Pierce classificar a série de retornos  $r_t$  como aleatória, procede-se a igualdade  $X_t = r_t$ . Estimando, na sequência, a variância condicionada  $h_t$  do retorno  $r_t$ . No caso de  $r_t$

apresentar estruturas de autodependência linear, estas serão modeladas via metodologia Box e Jenkins (BOX et al. 1994). Nesta metodologia, os modelos de previsão pertencem à família autorregressivos médias móveis ARMA( $p, q$ ). Um modelo ARMA de ordens  $p$  (autorregressivo) e  $q$  (médias móveis) é descrito pela Equação 5.

$$r_t = \phi_1 r_{t-1} + \dots + \phi_p r_{t-p} - \theta_1 a_{t-1} - \dots - \theta_q a_{t-q} + a_t \quad (5)$$

O modelo representado na Equação 5 combina valores passados das entradas  $r_t$  e choques aleatórios  $a_t$  descorrelacionados, de média zero e variância constante. Os resíduos  $X_t$  provenientes da previsão da série de retornos  $r_t$ , descrito na Equação 5, podem

ser representados na forma da Equação 6. Nesta equação,  $\hat{\phi}_1, \dots, \hat{\phi}_p, \hat{\theta}_1, \dots, \hat{\theta}_q$  são os estimadores de  $\phi_1, \dots, \phi_p, \theta_1, \dots, \theta_q$ , respectivamente. A série temporal  $X_t$  (Equação 6) é então utilizada na previsão da variância condicionada  $h_t$  (Equação 3 ou 4).

$$X_t = r_t - (\hat{\phi}_1 r_{t-1} + \dots + \hat{\phi}_p r_{t-p} - \hat{\theta}_1 a_{t-1} - \dots - \hat{\theta}_q a_{t-q}) \quad (6)$$

A aplicação dos modelos ARCH/GARCH parte do princípio que a série temporal  $(X_t^2)_{t=1}^T$ ,  $T$  é a cardinalidade da série, apresenta estruturas que possam ser modeladas. Não acontecendo o mesmo com a série  $(X_t)_{t=1}^T$  que é descorrelatada.

### 2.3 META-HEURÍSTICA FIREFLY

Para a obtenção dos parâmetros  $\alpha_i, \beta_j, \phi_{ii}$  e  $\theta_{jj}$  dos modelos ARCH(s)/GARCH(s,u) e ARMA(p,q), foi utilizada a meta-heurística Firefly. Este algoritmo foi inspirado no comportamento dos vaga-lumes, onde a atratividade entre eles é uma função da luminosidade própria. Neste algoritmo a função objetivo  $I(\mathbf{X})$  representa a luminosidade do vaga-lume  $\mathbf{X}$ , sendo a sua

formulação dependente da aplicação. Neste trabalho a função  $I(\mathbf{X})$  é representada pela raiz do erro quadrático médio, como pode ser observado na Figura 3. Da mesma figura,  $D(\mathbf{X}_i, \mathbf{X}_j)$  corresponde a distância euclidiana entre os vaga-lumes  $\mathbf{X}_i$  e  $\mathbf{X}_j$ . O parâmetro  $\omega$  representa a atratividade entre dois vaga-lumes,  $\gamma$  é o coeficiente de absorção de luminosidade,  $\lambda \in [0,1]$  e  $\mu$  um vetor aleatório com distribuição normal. Neste trabalho, os parâmetros  $\omega_0, \lambda, \gamma$  e número de gerações receberam os valores 1, 1/5, 1 e 40, respectivamente. Maiores detalhes sobre o algoritmo Firefly podem ser obtidos em Yang (2010). A Figura 3 traz o pseudocódigo do algoritmo Firefly adaptado para o problema aqui estudado.

FIGURA 3 – Pseudocódigo meta-heurística Firefly

```

Entrar com a série temporal  $y_t$  e denotar a sua previsão por  $\hat{y}_t$ 
Defina os parâmetros:  $\gamma, \lambda, \omega_0, \mu$  e gerações:  $gen$ 
Gerar  $m$  vaga-lumes com  $n$  coordenadas (parâmetros modelos de previsão):  $\mathbf{X}_{1 \times n}$ 

Avaliar a função objetivo:  $I(\mathbf{X}_i) = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^T (y_t - \hat{y}_t)^2}{T}}$ ,  $i = 1, \dots, m$  e  $T$  o nº de obs. em  $y_t$ 

Enquanto contador <  $gen$ 
  Para  $i = 1$  até  $m$ 
    Para  $j = 1$  até  $m$ 
      Se  $I(\mathbf{X}_j) < I(\mathbf{X}_i)$ 
         $D(\mathbf{X}_i, \mathbf{X}_j) = \sqrt{\sum_{k=1}^n (X_i^k - X_j^k)^2}$ 
         $\omega = \omega_0 e^{-\gamma D^2}$ 
         $X_i = X_i + \omega(X_j - X_i) + \mu\lambda$ 
        Avaliar a função objetivo:  $I(\mathbf{X}_i)$ 
      Fim se
    Fim Para  $j$ 
  Fim Para  $i$ 
  Guarde a melhor solução corrente
Fim Enquanto
Saída: Raiz do Erro quadrático Médio  $I(\mathbf{X}_i)$  e a previsão  $\hat{y}_t$ 

```

## 2.4 MÉTODO AUTOMÁTICO

O sistema automático apresentado neste trabalho e que tem como objetivo a previsão da variância condicionada da série de retornos  $r_t$  de uma ST financeira, utiliza o algoritmo Firefly para estimar os parâmetros dos modelos ARCH/GARCH e, se for o caso, os parâmetros de modelos ARMA.

O método representado na Figura 4 inicia-se pela obtenção da série de retornos  $r_t$  (Equação 1). Na sequência, determina-se as autocorrelações  $\hat{\rho}_k$  em  $r_t$  para as defasagens  $k = 1, 2, \dots, 24$ . Tendo as autocorrelações, calcula-se a estatística  $Q(k)$  (Equação 7) do teste de Box-Pierce.

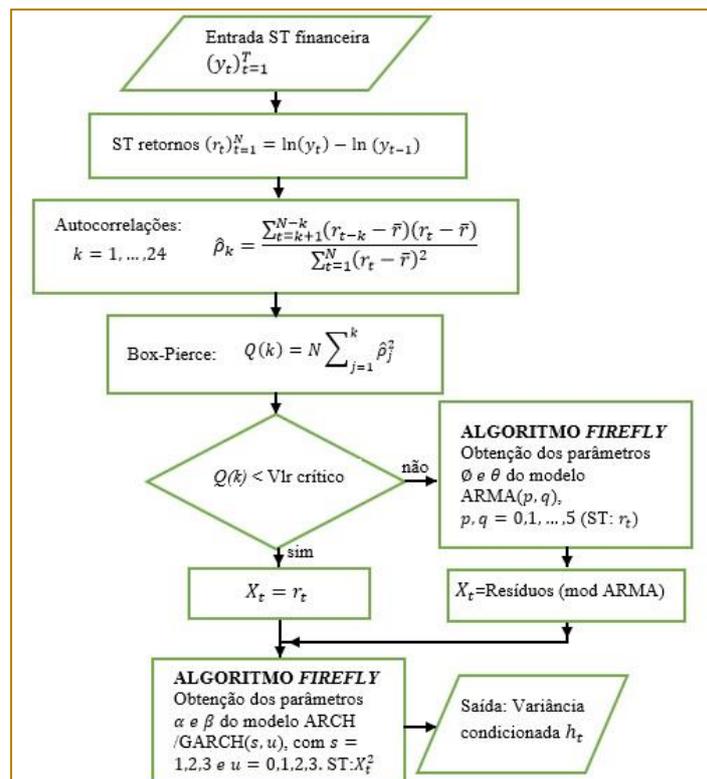
$$Q(k) = N \sum_{j=1}^k \hat{\rho}_j^2 \quad (7)$$

A variável  $Q(k)$  tem distribuição qui-quadrado  $\chi^2$  com  $k$  graus de liberdade. Se  $Q(k)$  calculado (Equação 7) for maior que o valor crítico tabelado  $\chi_{1-\alpha, k}^2$ , com nível de significância  $\alpha$ , a hipótese nula é rejeitada, ou seja: as autocorrelações não podem ser consideradas estatisticamente nulas. Neste caso, ajusta-se um modelo ARMA( $p, q$ ) à ST de retornos  $r_t$ , com  $p, q = 0, 1, \dots, 5$ , num total de 35 modelos ARMA relativos às ordens  $p$  e  $q$ . Os resíduos desta modelagem são submetidos ao algoritmo Firefly a fim de se obter as estimativas dos parâmetros  $\alpha$  e  $\beta$  dos modelos ARCH( $s$ )/GARCH( $s, u$ ), com  $s =$

$0, 1, \dots, 3$  e  $u = 0, 1, \dots, 3$ . No caso de  $u = 0$ , tem-se o modelo ARCH( $s$ ). Com o ajuste destes modelos, tem-se a previsão da ST da variância condicionada  $h_t$  (Equações 3 ou 4). Se o valor da estatística  $Q(k)$  (Equação 7) for menor ou igual ao valor crítico (valor tabelado), promove-se o ajuste dos modelos ARCH/GARCH à ST de retornos  $r_t$ .

Na Figura 4 estão ilustradas as etapas do método automático de ajuste de modelos ARCH/GARCH. Observando que  $\phi_i, \theta_j \in [-3, 3]$  ( $i = 1, \dots, p$  e  $q = 1, \dots, q$ ).

FIGURA 4 – Fluxograma método automático



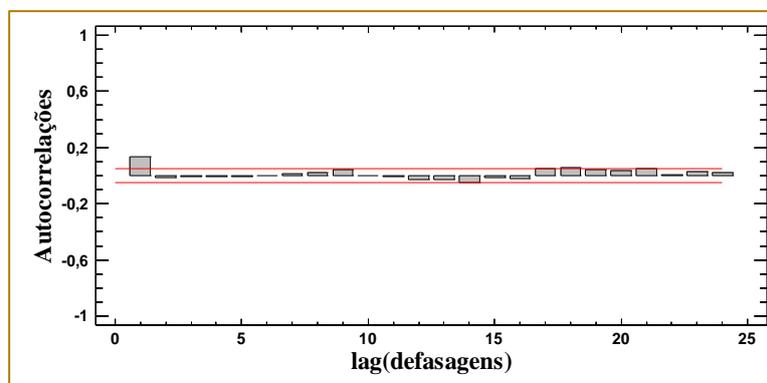
### 3 RESULTADOS OBTIDOS

O modelo automático (Figura 4) foi implementado em ambiente do software de código aberto scilab 6.0.1, que pode ser obtido no site <https://www.scilab.org>. Os gráficos foram construídos a partir do software estatístico Statgraphics.

O correlograma da série de retornos  $r_t$  (Figura 5) indica que na primeira defasagem a autocorrelação é diferente de zero, de forma a possuir estruturas que possam ser

modeladas. O teste de Box-Pierce corrobora com esta conclusão, com estatística  $Q(k)$  calculada igual a 58,35 e 37,6 o valor do  $Q(k)$  crítico. Consequência deste resultado, o método automático (Figura 4) executou o algoritmo Firefly por duas vezes. A primeira foi para ajustar o modelo ARMA(0,1) à série  $r_t$ . Na segunda, fez-se a previsão da variância condicionada dos retornos a partir do ajuste do modelo GARCH(2,1) aos resíduos  $X_t$  (Equação 6) da modelagem de  $r_t$ .

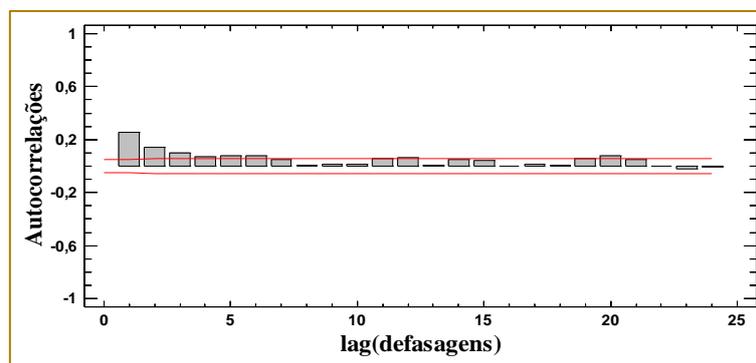
Estimated Autocorrelations for retorno banespa



Pelo indicativo do teste de Box-Pierce ( $Q(k)$  calculado e crítico 24,93 e 37,6, respectivamente) a série temporal  $X_t$  é aleatória. A ST  $X_t^2$ , por sua vez, possui

autocorrelações diferentes de zero (Figura 6), podendo ser utilizada na previsão da variância condicionada dos retornos.

Estimated Autocorrelations for Xt ao quadrado



O método automático apresentou como solução os modelos ARMA(0,1) e GARCH(2,1). Conforme Equação 6, pode-se expressar os resíduos na forma descrita na

equação 8, onde  $\hat{\theta}_1 = 0,1102$ . A Equação 9 traz as estimativas da variância condicionada obtidas por meio do GARCH(2,1).

$$X_t = r_t - (-0,1102a_{t-1}) \quad (8)$$

$$h_t = 0,0000197 + 0,3387X_{t-1}^2 + 0,08425X_{t-2}^2 + 0,25298h_{t-1} \quad (9)$$

Um dos modelos utilizados por Morettin e Tolo (2006) na estimativa do volatibilidade dos retornos dos preços do BANESPA foi a combinação MA(1) – ARCH(2). Do modelo MA(1) obteve-se os resíduos  $X_t$  (Equação 10),

$$X_t = r_t - (-0,1063a_{t-1}) \quad (10)$$

$$h_t = 0,0013 + 0,2517X_{t-1}^2 + 0,1582X_{t-2}^2 \quad (11)$$

A Figura 7 traz a representação gráfica dos resíduos ao quadrado ( $X_t^2$ ) e as estimativas da variância condicionada ( $h_t$ ) obtidas a partir de uma das análises dos autores Morettin e Tolo (2006) (Equações 10 e 11). Na Figura 8 estão representados os gráficos de  $X_t^2$  e  $h_t$  estimados pelo método automático proposto (Figura 4).

onde  $\hat{\theta}_1 = 0,1063$ . O modelo ARCH(2) está expresso na Equação 11, sendo  $X_t = \varepsilon_t \sqrt{h_t}$  e  $\varepsilon_t$  com distribuição normal  $N(0,1)$  (média zero e variância 1).

As variâncias condicionadas estimadas pelo método automático são maiores às obtidas pelo modelo MA(1)-ARCH(2). Uma análise das Figuras 7 e 8, principalmente nos picos de volatibilidade, permite inferir essa diferenciação.

FIGURA 7 – Estimativas da variância condicionada dos retornos diários-série BANESPA.

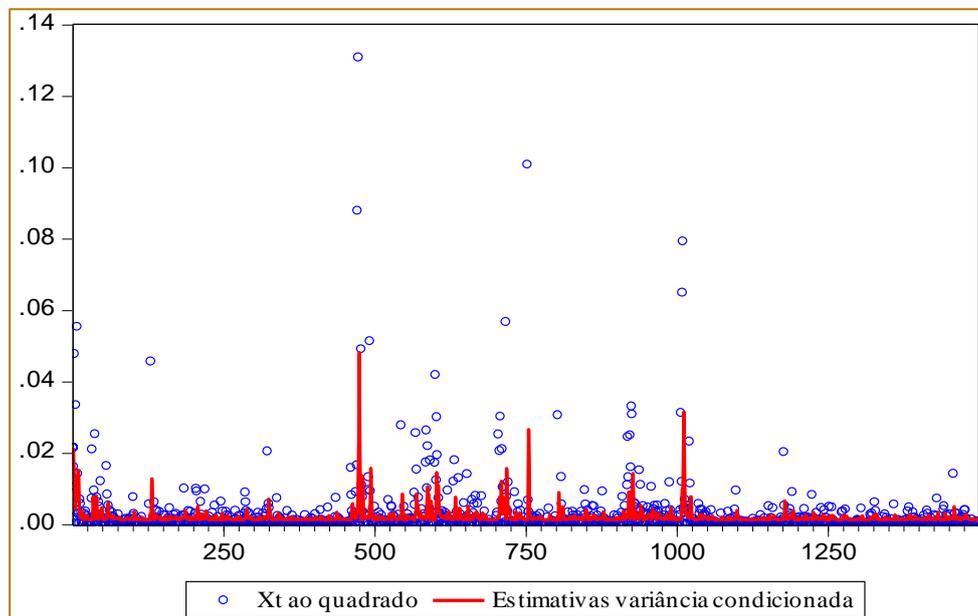
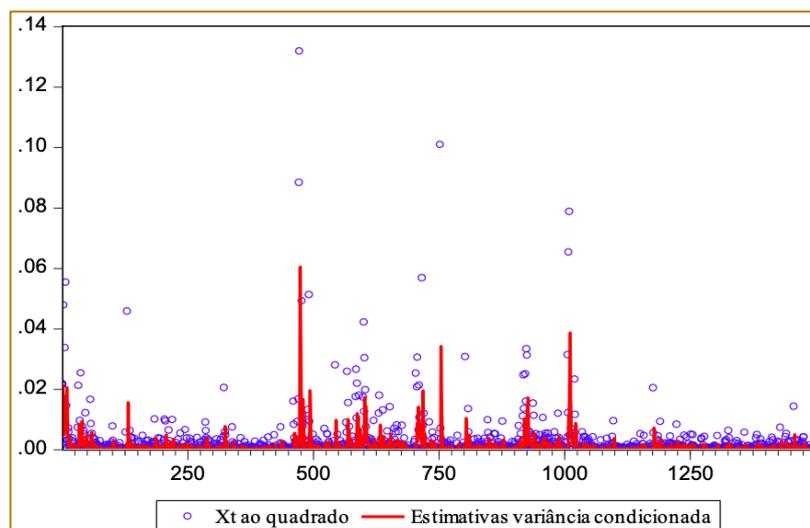


FIGURA 8 – Estimativas da variância condicionada dos retornos diários-série BANESPA.



#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A proposta deste trabalho foi a elaborar um método automático, baseado na meta-heurística Firefly, que ajustasse os modelo ARCH/GARCH às séries temporais de retornos obtidos a partir de séries financeiras. Para efeito de comparação, escolheu-se para a aplicação do método a série de retornos diários do BANESPA, já analisada pelos

autores Morettin e Tolo (2006). O comparativo mostrou, para a série em estudo, que o método automático foi eficaz e obteve resultados compatíveis aos obtidos por Morettin e Tolo (2006). Embora o método automático não possa substituir um hábil analista de séries temporais, pode ser de grande ajuda em avaliações rápidas que sejam sustentadas por uma avaliação futura mais apurada.

#### REFERÊNCIAS

- [1] ABDELAZIZ, A.Y.; MEHHAMER, S.F.; BADR, M.A.L.; ALGABALAWY, M.A. The Firefly meta-heuristic algorithms: developments and applications. *International Electrical Engineering Journal (IEEJ)*, v. 6, n. 7, p.1945-1952, 2015.
- [2] AGARWAL, S.; SINGH, A.P.; ANAND, N. Evaluation performance study of firefly algorithm, particle swarm optimization and artificial bee colony algorithm for non-linear mathematical optimization functions. *Anais... Tiruchengode, India: Computing, communications and networking technologies*, 2013.
- [3] ASSADI, S.; TAVAKOLI, A.; HEJAZI, S.R.. A new hybrid for improvement of auto-regressive integrated moving average models applying particle swarm optimization. *Expert Systems with Applications*, 2012.
- [4] BARAGONA, R.; CALZIN, F.; BATTAGUA, F. Genetic Algorithms for The Identification of Additive and Innovation Outliers In Time Series. *Computational Statistics & Data Analysis*, p. 1-12, 2001.
- [5] BOLLERSLEV, T. Generalized autoregressive conditional heteroscedasticity. *Journal of Econometrics*, n.31, p.307-327.
- [6] BEHNAMIAN, J.; GHOMI, S. M. T. Development of a PSO-SA hybrid metaheuristic for a new comprehensive regression model to time-series forecasting. *Expert Systems with Applications*, 2009.
- [7] BOX, G.; JENKINS, G.; REINSEL, G. C. *Time Series Analysis, Forecasting and Control*. 3.ed. Englewood Cliffs:Prentice-Hall, 1994. 598p.
- [8] CHEONG, C.W. Modeling and forecasting crude oil markets using ARCH-type models. *Energy Policy*, n.37, p.2346-2355, 2009.
- [9] ENGLE, R. F. Autoregressive conditional heteroscedasticity with estimates of the variance of United Kingdom inflation. *The Econometric Society*, v. 50, n.4, p.987-1007, 1982.
- [10] GNANLET, A. e RAJENDRAN, C. Meta-Heuristics in ARMA Forecasting. *California Journal of Operations Management*. v.7, n.1, p.38-48, fev.2009.

- [11] GREBOGI, R. B. Máquina de aprendizagem extrema com otimização por enxame de partículas aplicada à previsão de séries temporais. Curitiba, 144 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica). Universidade Federal do Paraná, 2013.
- [12] HYNDMAN, R.J.;KHANDAKAR, Y. Automatic time series forecasting: the forecast package for R. *Journal of Statistical Software*, v.27, 2008.
- [13] JUBERT, R.W.; MONTE, P.A.; PAIXÃO, M.C.S.; LIMA, W.H. Um estudo do padrão de volatilidade dos índices financeiros do Bovespa. *Revista UNB Contábil*, v.11, n1-2, p.221-239, 2008.
- [14] LIMA, F.G.; KIMURA, H.; ASSAF NETO, A.; PERERA, L.C.J. Previsão de preços de commodities com modelos ARIMA-GARCH e redes neurais com ondaletas: velhas tecnologias, novos resultados. *Revista Administração*, v.45, n.2, p.188-202, 2010.
- [15] MORETTIN, P. A.; TOLOI, C. M. *Análise de series temporais*. São Paulo: Blucher, 2006.
- [16] OTUKI, T.F.; WEYDMANN, C.L.;SEABRA, F. Febre aftosa e volatilidade dos preços do produtor de carne suína. *Revista de Economia e Agronegócio*, v.7, n.2, 2005.
- [17] ROUT, M.; MAJHI, B.; MAJHI, R.; PANDA, G. Forecasting of currency exchange rates using an adaptive ARMA model with differential evolution based training. *Journal of King Saud University – Computer and Information Sciences*, n.26, p.7-18, 2014.
- [18] SALTIK, O.; DEGIRMEN, S.; URAL, M. Volatility modelling in crude oil and natural gas prices. *Procedia Economics and Finance*, n.38, p.476-491, 2016.
- [19] SILVA, C. G. Time series forecasting with a non-linear model and the scatter search meta-heuristic. *Information Sciences*, n.178, p.3288-3299, 2008.
- [20] SIQUEIRA, H. V.; ATTUX,R.; LYRA FILHO, C. Exploração de Alternativas Lineares para Previsão de Séries de Vazões. In: *Mecânica Computacional XXIX*, 2010, Buenos Aires. Anais... Buenos Aires: Asociación Argentina de Mecânica Computacional, 2010, p. 9629-9644, 2010.
- [21] WEI, Y.; WANG, Y.; HUANG, D.; Forecasting crude oil market volatility: further evidence using GARCH-class models. *Energy Economics*, n.32, p.1477-1484, 2010.
- [22] YANG, X.S. *Engineering Optimization*, John Wiley and Sons, 2010.

# Capítulo 9

## PROPOSTA DE UM MODELO MATEMÁTICO PARA O PROBLEMA DE PROGRAMAÇÃO DE EQUIPES DE MANUTENÇÃO INDUSTRIAL EM UMA EMPRESA DE ÓLEO E GÁS

*Thomas Edson Viana de Souza Coelho*

*Edwin Benito Mitacc Meza*

*Dalessandro Soares Vianna*

**Resumo:** Este artigo apresenta a proposta de um modelo matemático para o problema de programação de equipes para a execução das ordens de serviço de manutenção industrial em uma empresa do setor de óleo e gás, considerando a existência de uma mão-de-obra especializada heterogênea, categorizada em um agrupamento de trabalhadores de habilidades específicas. Para validação do modelo foram desenvolvidos cenários que representam uma ou mais semanas típicas nos trabalhos das equipes de manutenção. Os resultados obtidos atingem o objetivo imediato de se obter um cronograma de execução das ordens de serviço. Se comparado a cenários reais, o modelo proposto mostrou-se eficiente na melhoria da programação das equipes, onde a priorização e categorização dos serviços e equipamentos deixaram mensuráveis e justificáveis a grade de programação, sobretudo considerando a expertise das equipes envolvidas.

**Palavras chave:** Programação de Equipes, Manutenção Industrial, Modelagem Matemática.

## 1 INTRODUÇÃO

A partir da ampla pesquisa realizada entre as diversas empresas do país, a Associação Brasileira de Manutenção e Gestão de Ativos – ABRAMAN emite, a cada dois anos, um Documento Nacional contendo informações sobre a situação da área de manutenção do país. Assim, segundo o Documento Nacional 2017, o percentual de trabalhadores das empresas atuando na manutenção aumentou, principalmente a mão-de-obra qualificada, o que tem mostrado um aumento da percepção da importância da manutenção dos ativos na sua gestão pelas empresas (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE MANUTENÇÃO E GESTÃO DE ATIVOS, 2017).

Não obstante os dados da ABRAMAN nos últimos anos, sobre o setor de Petróleo, foi registrada uma elevada queda do preço do petróleo a partir de 2011, se acentuando de 2013 a 2015 e causando um grande impacto em toda a indústria. Esse impacto pode ser observado através dos dados do Anuário Estatístico da Agência Nacional do Petróleo (AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS, 2017). Desta forma as empresas têm sido forçadas a se adaptar à nova realidade do preço do barril e assim, desde 2014, início da queda no valor da *commodity*, o setor cancelou bilhões em investimentos fazendo as empresas optar pelo corte de gastos em suas operações.

Neste cenário, as atividades de manutenção vêm sendo repensadas e redirecionadas de forma a contribuir com os resultados da empresa. Assim, deve-se assegurar à área operacional uma capacidade produtiva compatível com a demanda e a um custo que não sacrifique o preço final do produto – e conseqüentemente a sua competitividade no mercado – ou a margem de lucro da empresa. Portanto, houve uma grande mudança na consciência e no conceito gerencial acerca das inovações e custos referentes às políticas, práticas e procedimentos de manutenção. A atividade de manutenção passou a ser uma estratégia indispensável à produção, sendo considerada também, uma das bases de toda a atividade industrial.

Conseqüentemente, a gestão da manutenção precisa estar sustentada por uma visão de futuro traduzida por metas estratégicas e regida por processos de gestão ou caminhos estratégicos (“melhores práticas”) para se alcançar esta visão (PINTO, 2003). Mesmo seguindo essas melhores práticas, a natureza

do serviço de atendimento ao cliente pela execução dos serviços de manutenção sempre irá requer uma busca por melhoria contínua. Prioridades de atendimento, tipo de manutenção, limitação da equipe de técnicos e *expertise* para a intervenção em máquinas pesadas, complexas ou estratégicas sempre será um desafio em busca de inovações. Como minimizar as dificuldades práticas em atender as ordens de serviço, fazendo com que sejam executadas dentro do tempo estimado buscando alta qualidade e baixo custo é o questionamento central do presente trabalho. É importante ressaltar que, este problema é do tipo *NP-hard* e é tratado como um problema de programação de equipes conhecido como *Crew Scheduling Problem*.

Neste sentido, o objetivo geral deste trabalho consiste em propor um modelo matemático para o problema da programação de equipes para a execução dos serviços de manutenção industrial (ordens de serviço de manutenção), em uma empresa do setor de óleo e gás.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

Existem, na literatura, vários trabalhos relacionados à programação de equipes. Em Ernst *et al.* (2004) foram identificadas 28 categorias de métodos usados em problemas de programação de pessoas. Este número expressivo deve-se ao fato de que não é possível a construção de um único modelo matemático que se adeque a qualquer problema. Cada problema possui características específicas, que devem ser levadas em consideração no momento de elaboração do modelo matemático. Dentre os modelos estudados por Ernst *et al.* (2004), pode-se destacar os modelos de problemas do tipo *scheduling*: programação de tripulações (*crew scheduling*), programação de escalas de enfermeiras (*nurse rostering*) e programação de quadro de horários (*timetabling*). Já em Van den Bergh *et al.* (2012) as publicações foram categorizadas em 4 principais tópicos: 1) Características do pessoal (tipo de contrato, individual/equipe); 2) Restrições, performance e flexibilidade; 3) métodos de solução e incorporação de incertezas e 4) área de aplicação.

Cabe ressaltar que a maioria dos problemas de programação de equipes e tarefas tem três classes de variáveis independentes, que são chamadas de dimensões, segundo De Causmaecker *et al.* (2003): pessoal (P), tempo (T), e tarefas ou deveres (D). Estas três

variáveis (P, T, D) definem um espaço de dimensão tridimensional. Neste espaço, a maioria das posições é inactivável devido às restrições dos problemas abordados, que podem ser rígidas ou flexíveis, dependendo do problema tratado. Assim, alguns trabalhos podem-se destacar no problema da programação de equipes no setor de manutenção.

Cravo (2009) aborda o problema de manutenção industrial como um problema de escalonamento de projetos com restrição de recursos e múltiplos modos de processamento, conhecido como MRCPS (Multi-mode Resource Constrained Project Scheduling Problem), visando melhorar o tempo de parada para manutenção de equipamentos. Devido a sua complexidade foi proposto a implementação da metaheurística GRASP para sua resolução.

Já em Biagioni Júnior (2008) é proposto um modelo para programação de atividades e alocação de técnicos que executam tarefas de instalação, manutenção preventiva e visita diagnóstica em equipamentos utilizados na produção de bens de consumo em escala industrial. O modelo proposto faz a alocação do técnico para cada uma dessas requisições programadas, minimizando o custo total da operação dentro do horizonte de planejamento. Por outro lado, em Marchioro (2006) aborda-se o problema de escalonamento de tarefas considerando determinadas restrições tecnológicas pré-definidas, como: número máximo de profissionais e ferramenta disponível em certo instante de tempo, número de profissionais necessários para a realização de uma tarefa, especialidades técnicas dos profissionais, rede de precedências entre as operações para realizar uma tarefa, tarefas com instante de início agendado, data mais cedo de início de uma tarefa, prioridade de execução das tarefas, entre outras. Cabe ressaltar que, alguns trabalhos não são direcionados à programação de equipes, mas à manutenção de equipamentos como visto em Aradi (2015) onde busca-se resolver o problema de planejamento de operações de manutenção submarina através das perspectivas de

programação de tarefas e dimensionamento de frota.

O problema consiste em determinar a melhor sequência de tarefas a serem atendidas por embarcações considerando compatibilidade, regras de sequenciamento e tamanho da frota.

### 3 DESCRIÇÃO DO PROBLEMA

Elaborar um modelo de programação de equipes de trabalho não é uma tarefa trivial, já que exige o estudo de um volume muito grande de informações, o que o torna um problema de difícil resolução devido à ocorrência de uma variedade de conflitos entre os diversos elementos envolvidos.

Neste trabalho, o problema de programação de equipes assume a existência de uma mão-de-obra especializada heterogênea, categorizada em um agrupamento de trabalhadores de habilidades específicas. Assim, neste caso, o corpo técnico (profissionais) é dividido em três especialidades: Mecânica, Elétrica e Instrumentação. Os serviços que envolvem os profissionais técnicos de mecânica referem-se à manutenção corretiva ou preventiva de sistemas pneumáticos e hidráulicos, sistemas rotativos de baixa ou alta velocidade, alinhamentos de subconjuntos, etc. Já os serviços de elétrica estão divididos em duas categorias: montadores de linhas, que trabalham com sistemas de transporte e distribuição em alta tensão, e montadores de instalações elétricas, que trabalham com tensões definidas para baixa tensão, utilizadas no uso doméstico e industrial. Por último, os técnicos de instrumentação são responsáveis pela conservação e manutenção dos sistemas de instrumentação nos processos industriais. É importante ressaltar que, o corpo técnico de cada especialidade é constituído de profissionais subdivididos em: Júniores, Plenos e Sêniores. Esta característica hierárquica baseada na antiguidade profissional é adotada na indústria em questão, conforme TABELA 1.

TABELA 1 - O Corpo Técnico em percentual (por Especialidade).

Profissionais	Especialidade			TOTAL
	Mecânica	Elétrica	Instrumentação	
Sêniores	12%	10%	17%	13%
Plenos	14%	14%	14%	14%
Júniors	74%	76%	69%	73%

Fonte: Petrobras Transporte S/A.

Por outro lado, os serviços são expressos em Ordens de Serviço e se apresentam como Serviços de Manutenção Mecânica, Manutenção Elétrica, Manutenção de Instrumentação e Conjuntos. Além disso, em

relação à natureza da manutenção, este pode ser Corretiva ou Preventiva. A TABELA 2 descreve a natureza dos serviços na empresa em estudo.

TABELA 2 - Tipo de Serviço de Manutenção (pela Natureza dos Serviços).

Natureza do Serviço	Especialidade			TOTAL
	Mecânica	Elétrica	Instrumentação	
Preventiva	57%	84%	18%	47%
Corretiva	43%	16%	82%	53%

Fonte: Petrobras Transporte S/A.

A prioridade de atendimento é também considerada como característica de cada serviço, sendo estes divididos em prioridade Baixa (30 dias para atendimento), Média (7 dias para atendimento), Alta (24 horas para

atendimento) e Emergência (atendimento imediato). A TABELA 3 apresenta as prioridades dos serviços levantados num determinado período.

TABELA 3 - Prioridade em números (pela Natureza dos Serviços).

Prioridade	Especialidade			TOTAL
	Mecânica	Elétrica	Instrumentação	
Baixa	44%	16%	32%	31%
Média	51%	81%	68%	66%
Alta	5%	3%	0%	2%
Emergência	0%	0%	0%	0%

Fonte: Petrobras Transporte S/A.

É importante ressaltar que o tempo de duração do serviço corresponde ao tempo de realização em horas. Este tempo é composto por uma série de passos que envolvem desde o tempo para liberação do equipamento, passando pelo tempo de deslocamento até a área industrial, o tempo de execução propriamente, o tempo de desmobilização, retorno e finalização do serviço. Serviços de baixa duração tendem a ser executados em menos de 4h. Serviços de média duração de 4h a 8h (1 dia útil) e serviços de alta duração tendem a se prolongar por mais de um dia.

A quantidade de técnicos para cada serviço multiplicado pelo tempo de execução caracteriza o Homem-Hora da tarefa. Pode ser 1 profissional, 2 profissionais ou mais. Por questões de segurança, uma boa prática é a

aplicação de duplas para realização de serviços, por mais simples que estes serviços sejam. Deve-se levar em conta que anualmente são pré-definidas manutenções preventivas que envolvem paradas programadas. Coincidindo com a semana de programação, parte da mão-de-obra fica indisponível para outras tarefas por ter que realizar tais manutenções preventivas.

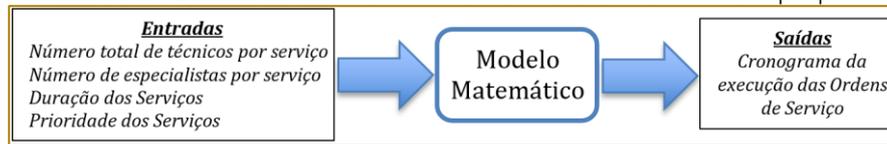
#### 4 FORMULAÇÃO E MODELAGEM MATEMÁTICA DO PROBLEMA

A formulação do modelo matemático proposto consiste na programação de uma equipe de manutenção (mecânica ou elétrica ou instrumentação), de modo que os profissionais técnicos disponíveis possam

atender a demanda de serviços de manutenção dentro do tempo de duração destes serviços. Todas as ordens são para manutenção corretiva (em maior quantidade)

e preventiva. A FIGURA 1 apresenta os dados de entrada para o modelo proposto bem como as saídas que este deverá fornecer após resolução do modelo.

FIGURA 1 - Dados de entrada e saída do modelo matemático proposto



Assim, conforme a FIGURA 1, a partir dos dados referentes às Ordens de Serviço como duração, prioridade e característica do corpo técnico necessário, o problema de programação de equipes consiste em determinar o momento, em horas do dia, em

que cada serviço deve ser executado, criando assim uma grade de programação. Desta forma, para formular matematicamente este problema, os seguintes índices, parâmetros e variáveis de decisão foram definidos:

#### Índices:

$i$  → representa as ordens de serviço;

$j$  → representa as horas disponíveis para programação das ordens de serviço;

$k$  → representa os tipos de especialidades;

#### Parâmetros:

$TMAX$  → número máximo de horas para programação das ordens de serviço;

$T$  → conjunto de horas disponíveis para programação  $\{1,2,3, \dots, TMAX\}$ ;

$S$  → conjunto de todas as ordens de serviço

$E$  → conjunto dos tipos de especialidade (1 – seniores, 2 – plenos, 3 – juniores)

$HMM$  → Média de custo  $H - H$  dos profissionais disponíveis (sênior, pleno e júnior)

$P1$  → penalidade associada a cada serviço não atendido

$P2$  → penalidade por não respeitar a prioridade/categoria

$DUR_i$  → indica a duração em horas do serviço  $i$

$HMAX_i$  → indica o tempo máximo para execução do serviço  $i$

$TAMAEQUIPE_i$  → indica o tamanho da equipe necessária para a realização do serviço  $i$

$PRIO_i$  → indica a prioridade do serviço  $i$

$CAT_i$  → indica a ordem de precedência do serviço  $i$  pela categoria do equipamento

$HHespec_k$  → indica o custo do  $HH$  por especialidade  $k$  (1 = seniores, 2 – plenos, 3 – juniores)

$TAMESPEC_k$  → indica o número de técnicos disponíveis por especialidade  $k$

$MINIESPEC_{ik}$  → indica o número mínimo de técnicos requisitados com a especialidade  $k$  para o serviço  $i$ .

#### Variáveis de Decisão:

$$X_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{se o serviço } i \text{ foi alocado na hora } j \\ 0 & \text{caso contrário} \end{cases}$$

$$u_i = \begin{cases} 1 & \text{se o serviço } i \text{ foi atendido} \\ 0 & \text{caso contrário} \end{cases}$$

$tini_i$  = indica o tempo de início do serviço  $i$ ;

$tfim_i$  = indica o tempo de fim do serviço  $i$ ;

$y_{ik}$  = informa o número de técnicos da especialidade  $k$  que deve ser associado ao serviço  $i$ ;

$z_{ijk}$  = informa a quantidade de técnicos de uma especialidade  $k$  fazendo o serviço  $i$  no tempo  $j$ ;

$inf_i$  = informa o número de violações associadas às prioridades/precedência do serviço  $i$ ;

Utilizando esta notação, o problema pode ser formulado como:

$$MIN = HHM * \sum_{i \in S} tfim_i + P1 * \sum_{i \in S} (1 - u_i) + \sum_{i \in S} \sum_{k \in E} (Y_{ik} * HHEspec_k * DUR_i) + P2 * \sum_{i \in S} inf_i \quad (1)$$

s.a

$$\sum_{j \in T} x_{ij} = DUR_i * u_i \forall i \in S \quad (2)$$

$$tini_i \leq j * x_{ij} + TMAX * (1 - x_{ij}) \forall i \in S, \forall j \in T | j \leq HMAX_i \quad (3)$$

$$tfim_i \geq j * x_{ij} \forall i \in S, \forall j \in T | j \leq HMAX_i \quad (4)$$

$$tfim_i - tini_i = DUR_i * u_i - 1 \forall i \in S \quad (5)$$

$$tfim_i \leq HMAX_i + TMAX_i * (1 - u_i) \forall i \in S \quad (6)$$

$$\sum_{k \in E} y_{ik} = TAMEQUIPE_1 \quad \forall i \in S \quad (7)$$

$$y_{ik} \geq MINESPEC_{ik} \forall i \in S, \forall k \in E \quad (8)$$

$$z_{ijk} \geq y_{ik} - TAMEQUIPE_1 * (1 - X_{ij}) \forall i \in S, \forall j \in T | j \leq HMAX_i, \forall k \in E \quad (9)$$

$$\sum_{i \in S} z_{ijk} \leq TAMESPEC_k \quad \forall i \in S, \forall j \in T | j \leq HMAX_i, \forall k \in E. \quad (10)$$

$$inf_{i1} \geq tini_{i2} - tini_{i1} - TMAX * (2 - u_{i1} - u_{i2}) \forall i1, i2 \in S | i1 \neq i2, PRIO_{i2} > PRIO_{i1} \quad (11)$$

$$inf_{i1} \geq tini_{i2} - tini_{i1} - TMAX * (2 - u_{i1} - u_{i2}) \forall i1, i2 \in S | i1 \neq i2, PRIO_{i2} > PRIO_{i1}, CAT_{i2} > CAT_{i1} \quad (12)$$

$$inf_i \geq (1 - u_i) * PRIO_i * CAT_i \forall i \in S \quad (13)$$

$$x_{ij} \in \{0,1\} \forall i \in S, \forall j \in T \quad (14)$$

$$u_i \in \{0,1\} \forall i \in S \quad (15)$$

$$tini_i \geq 1 \forall i \in S \quad (16)$$

$$fim_i, inf_i \geq 0 \forall i \in S \quad (17)$$

$$y_{ik} \in \mathbb{Z}^+ \forall i \in S, \forall k \in E \quad (18)$$

$$z_{ijk} \geq 0 \forall i \in S, \forall j \in T, \forall k \in E \quad (19)$$

A Função Objetivo minimiza o tempo de fim dos serviços (*makespan*), o número de serviços não atendidos, o custo em H-H gasto com funcionários e o número de tarefas alocadas antes de uma prioritária. A restrição (2) garante que quantidade de horas alocadas do serviço  $i$  deve ser igual a sua duração. A inequação (3) calcula o tempo de início do serviço  $i$ . A restrição (4) calcula o tempo de fim do serviço  $i$ . A equação (5) garante que a diferença entre o início e o fim do serviço  $i$  deve ser igual a sua duração. A

inequação (6) assegura que o momento de conclusão do serviço  $i$  tem que ser inferior ao limite máximo. A equação (7) garante que o número total de profissionais técnicos de cada especialidade  $k$  para cada serviço  $i$  deve respeitar ao estipulado. Para a inequação da restrição (8) o número de profissionais de cada especialidade  $k$  alocados para cada serviço  $i$  deve respeitar a quantidade mínima requisitada de cada especialidade. A restrição (9) calcula a quantidade de funcionários da especialidade

$k$  alocados ao serviço  $i$  no dia  $j$ . A inequação (10) garante que a quantidade de funcionários da especialidade  $k$  alocados no dia  $j$  não ultrapasse a quantidade disponível. A restrição (11) verifica se está cumprindo-se a relação de precedência; os serviços prioritários devem ser naturalmente alocados primeiro. A inequação (12) verifica se, tendo a mesma prioridade, o serviço cujo equipamento se mostra de maior importância (caracterizado pela categoria A/B/C do equipamento) foi precedido na programação. A restrição (13) verifica, caso algum serviço não seja atendido, que sua prioridade seja levada em consideração. O domínio das variáveis é descrito nas expressões (14) a (19).

## 5 VALIDAÇÃO DO MODELO – TESTES E RESULTADOS

Para validar o método proposto foram desenvolvidos cenários que representam uma ou mais semanas típicas nos trabalhos das equipes de manutenção. Para estes cenários algumas simulações permitem demonstrar como o modelo matemático desenvolvido pode ajudar a agrupar os serviços. A seguir exemplificamos 2 destes cenários.

### 5.1 CENÁRIO 1

Neste cenário temos uma distribuição de serviços de Mecânica que intercalam tarefas de manutenção corretiva (MCOR) e preventiva (MPRV), conforme mostrado na coluna “Tipo” na TABELA 4. Um detalhe é a presença de uma ordem de serviço (OS9) de longa duração: 30h (uma ordem de manutenção corretiva de alta importância – “Cat” A). A coluna “Hora Max” corresponde a uma tolerância a mais para a execução da ordem de serviço, trazendo sua realização para, no máximo, a hora especificada. Neste cenário todos os serviços demandam uma dupla de técnicos, porém exigindo um número mínimo de profissionais para sua execução (sênior, pleno e júnior). Estas exigências podem ser justificadas pela prioridade alta dos serviços e categoria elevada dos equipamentos (que levem à necessidade de seniores e plenos para seu atendimento) além da distribuição estratégica de técnicos juniores. Cabe ressaltar que, a equipe disponível para atender estes serviços é formada por: 1 sênior, 1 pleno e 5 júniores.

TABELA 4 - Dados de Entrada para o Cenário 1.

OS	Serviço	Cat	Prior.	Duração	Tipo	Hora Max (h)	Equipe para execução			
							Qtde	Min S	Min P	Min J
OS1	Manutenção no Redutor	C	Alta	4,0	MPRV		2	1	1	0
OS2	Repor Nível de Óleo	B	Alta	2,0	MPRV		2	0	0	2
OS3	Manutenção e Calibração	A	Média	4,0	MPRV		2	1	1	0
OS4	Manutenção e Calibração	A	Baixa	4,0	MPRV		2	0	0	2
OS5	Apertar Gaxeta	B	Média	3,0	MPRV		2	0	1	1
OS6	Amaciar e Lubrificar	A	Baixa	4,0	MCOR	50	2	1	0	0
OS7	Vazamento de óleo	B	Alta	4,0	MCOR		2	0	0	1
OS8	Manutenção e Calibração	A	Baixa	4,0	MPRV		2	0	0	0
OS9	Manutenção Mancais	A	Média	30,0	MCOR		2	1	0	0
OS10	Vazamento Gaxeta	C	Baixa	3,0	MCOR	50	2	0	0	2
OS11	Vazamento Gaxeta	C	Baixa	3,0	MCOR	50	2	0	0	2

Fonte: Petrobras Transporte S/A.

A modo de ilustração, a FIGURA 2 apresenta o resultado final do cronograma da execução das Ordens de Serviço. É importante ressaltar que, os experimentos computacionais foram executados em um processador Intel 5Y70, CPU 1.10Ghz e 8Gb de memória RAM. O

solver LINGO 10.0 foi utilizado sob o sistema operacional Windows 10, utilizando o software Excel como interface para informar as entradas bem como mostrar os resultados alcançados após execução do modelo.



matemática levou à minimização do tempo de atendimento e se mostrou uma ferramenta eficiente na melhoria da programação das equipes de execução das OSs. A priorização e categorização dos serviços e equipamentos deixaram mensuráveis e justificáveis a grade de programação, sobretudo considerando a *expertise* das equipes envolvidas (mensuração do número e experiência das equipes, o que não acontece na prática).

## REFERÊNCIAS

- [1] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE MANUTENÇÃO E GESTÃO DE ATIVOS. Revista Manutenção e Gestão de Ativos - Edição 164. Comunicação Interativa Editora, ABNT, 2017.
- [2] AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. Anuário estatístico brasileiro do petróleo, gás natural e biocombustíveis: 2017. Rio de Janeiro: ANP, 2017. Fonte: <http://www.anp.gov.br/wwwanp/>. Acessado em 22/01/2018.
- [3] PINTO, A. K.; NASCIF, J.. Gestão Estratégica e Manutenção Autônoma. São Paulo: Abraman, 2003.
- [4] ERNST, A. T.; JIANG, H.; KRISHNAMOORTHY, M. Staff Scheduling and rostering: A review of applications, methods and models. Science Direct. European Journal of Operational Research 153, p.3-27, 2004.
- [5] VAN DEN BERGH, J.; BELIËN, J.; DE BRUECKER, P.; DEMEULEMEESTER, E.; DE BOECK, L. Personnel scheduling: A literature review. European Journal of Operational Research, 2012.
- [6] DE CAUSMAECKER, P.; BERGHE, G. V. Relaxation of coverage constraints in hospital

## 6 CONCLUSÕES

O estudo teve como objetivo propor um modelo matemático para a programação das ordens de serviço no setor de manutenção, levando em consideração as características inerentes dentro de uma empresa do ramo de óleo e gás. Analisando os resultados pode-se concluir que o modelo se mostrou capaz de auxiliar na programação das ordens de serviço. Apresentou bons resultados para diferentes instâncias, mas observou-se a necessidade do uso de heurísticas para instâncias de grande porte, devido ao número elevado de variáveis inteiras.

personnel rostering. Lecture Notes in Computer Science, vol. 2740, pp. 129–147, 2003.

- [7] CRAVO, G. L. Escalonamento de projetos com restrições de recursos e múltiplos modos de processamento: soluções heurísticas e uma aplicação à Programação de Manutenção Industrial. Dissertação (Mestrado em Informática), Universidade Federal do Espírito Santo – UFES, Vitória, 2009.
- [8] BIAGIONI JÚNIOR, M. Modelo para programação de atividades e a alocação de técnicos para a instalação e assistência técnica de equipamentos. Dissertação (Mestrado), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.
- [9] MARCHIORO, G. B. O uso da Programação Lógica por Restrições no Problema de Escalonamento de Tarefas com Restrições de Recursos: uma aplicação em Manutenção Industrial. Dissertação (Mestrado em Métodos Numéricos em Engenharia), Universidade Federal do Paraná - UFPR, Curitiba, 2006.
- [10] ARADI, T. C. Planejamento de Operações de Manutenção Submarina. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - USP, São Paulo, 2015.

# Capítulo 10

## *SIMULAÇÃO DE PROCESSOS APLICADA ÀS PEQUENAS EMPRESAS – ESTUDO DE CASO*

*Mari Tomita Katayama*

*João Carlos Martins Coelho*

*Henrique Jun Muramatsu Seguchi*

**Resumo:** no brasil observa-se alta taxa de mortalidade das empresas, principalmente das micro e pequenas, as quais nem sempre detêm recursos financeiros e capacitação técnica de gestão da produção. Nesse cenário, foi desenvolvida pelo ipt metodologgia de atendimento às micro, pequenas e médias empresas, buscando contribuir no sentido de melhorar o processo de gestão da produção, mediante identificação e proposição de soluções de problemas. A metodologia foi aplicada em empresa especializada na fabricação de sacos de lixo, com dois objetivos complementares. O primeiro consistiu na implementação do conceito de planejamento e controle da produção (pcp), por meio da criação de uma planilha especialmente desenvolvida para tal, visando à padronização e ao controle da produção. As proposições de melhorias do atendimento criaram condições iniciais de aproximação do conceito de pcp e a empresa adquiriu melhor controle e gerenciamento de dados. O segundo objetivo consistiu em verificar se o investimento em uma máquina de corte e solda aumentaria a produtividade, esperada pela empresa. Para tal, foi realizada a simulação do processo produtivo tendo sido analisados 4 cenários distintos. O melhor cenário indicou a necessidade de investimento em outro equipamento, um moinho, sendo previsto, nessa nova condição operacional, um aumento de produção de 22%.

**Palavras-chave:** gestão da produção; simulação; micro e pequena empresa

## 1. INTRODUÇÃO

Segundo o Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (2016), a taxa de sobrevivência das empresas com até dois anos de atividade, no ano de 2012, foi pouco maior do que 75 %. Esse alto índice de mortalidade está ligado a diversos fatores, econômicos ou não, e, em particular à gestão inadequada da empresa e/ou do seu processo produtivo.

A gestão da produção tem como foco central a fabricação de produtos com qualidade, nos prazos estabelecidos e ao menor custo possível (KATAYAMA et al., 2017, p. 7). Entretanto, nem sempre as organizações, em especial as micro e pequenas empresas (MPEs) dispõem de recursos financeiros e humanos com conhecimentos técnicos das ferramentas de gestão, que são fundamentais para o aprimoramento dos seus métodos de gestão e para a tomada de decisões estratégicas adequadas.

Entende-se que a sobrevivência das pequenas empresas está condicionada por ações de gestão eficazes e, por esse motivo, a gestão da produção, operando de forma eficiente é de fundamental importância. Visando preencher essa lacuna, o Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A. – IPT, por meio de seu Núcleo de Apoio Tecnológico às Micro e Pequenas Empresas – NT-MPE, desenvolveu uma ferramenta específica para tratar problemas de gestão, denominada Gestão da Produção – GESPRO. Essa modalidade de atendimento está operando desde 2005, tendo já sido atendidas mais de 150 MPEs de diversos setores do Estado de São Paulo.

Os serviços prestados pelo NT-MPE, por meio de ações de desenvolvimento e extensão tecnológica, geralmente possuem subsídio financeiro parcial não reembolsável, cabendo à empresa atendida uma contrapartida que corresponde a uma parcela do valor total do atendimento. Esse subsídio provém de duas fontes: recurso federal, por meio do Sistema Brasileiro de Tecnologia (SIBRATEC), fomentada pela Financiadora de Estudos e Projetos do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (FINEP/MCTIC) e recurso estadual por meio do orçamento anual do Estado, via o Programa de Apoio Tecnológico às Micro, Pequenas e Médias Empresas. Para as empresas poderem ser atendidas pelo IPT e usufruírem do subsídio financeiro, elas precisam ser classificadas

como micro, pequenas ou médias empresas (MPMEs) e estarem localizadas no Estado de São Paulo.

## 2. A METODOLOGIA DE EXTENSÃO TECNOLÓGICA EM GESTÃO DA PRODUÇÃO

A ferramenta GESPRO é aplicada com foco no aumento de produtividade e/ou redução de custos por meio da identificação e proposição de soluções de problemas reais, por exemplo: gargalos existentes no processo produtivo, alocação inapropriada de custos de produção, lay-out inadequado, planejamento, programação e controle da produção (PPCP) inoperante, prazo de entrega e outros problemas de gestão.

Assim, a modalidade de atendimento GESPRO, dependendo do problema a ser tratado, utiliza técnicas da gestão de produção, como o Just in Time (JIT), Kanban, Total Productive Maintenance (TPM), Heijunka e kaizen, e, quando necessário, são aplicadas ferramentas de digitalização e simulação dos processos produtivos. O intervalo de tempo requerido para a aplicação dessa modalidade de atendimento é de quatro a seis meses, podendo variar de acordo com a complexidade do problema e do tempo de resposta que as empresas requerem para conduzir as ações necessárias sugeridas pela equipe do IPT.

Quando requerida a simulação de processo, a equipe do GESPRO aplica software específico para simulação de eventos discretos. Segundo Chwif e Medina (2010), este modelo de simulação permite capturar com mais fidelidade as características da natureza dinâmica e as de natureza aleatória, procurando repetir o mesmo comportamento que o processo produtivo das empresas apresentaria quando submetido às mesmas condições reais.

Esse software disponível no mercado tem custo significativo e, para sua utilização com resultados confiáveis, é necessário que seja operado por um profissional qualificado e que uma quantidade bastante ampla de informações sobre o processo produtivo esteja disponível ou que possa ser adequadamente obtida.

Por meio da simulação computacional do processo produtivo, é possível reproduzir cenários próximos da realidade, o que permite analisar sem custos de implantação diversas possibilidades de mudanças, e

posteriormente, concretizar as proposições de melhorias para o melhor cenário em termos de custos e benefício, de acordo com a estratégia da empresa.

Assim, tendo-se em vista os objetivos de aplicação de extensão tecnológica em Gestão da Produção, desenvolve-se um rol de trabalhos alocados no conjunto de etapas a seguir relacionadas:

**Etapa 1:** Formalização do atendimento tecnológico;

**Etapa 2:** Definição da linha de produção ou setor da empresa a ser analisado;

**Etapa 3:** Levantamento de informações iniciais;

**Etapa 5:** Análise do processo produtivo;

**Etapa 6:** Proposição de melhorias;

**Etapa 7:** Apoio para a implantação de melhorias;

**Etapa 8:** Encerramento dos trabalhos com emissão de relatório final.

Note-se que na análise do processo produtivo são utilizadas diversas ferramentas de gestão, incluindo, quando necessária, a simulação computacional do processo.

### 3. ESTUDO DE CASO

O IPT realizou atendimento tecnológico em uma empresa especializada na fabricação de sacos de lixo, sendo que o foco do trabalho consistiu na implementação do conceito de Planejamento de Controle da Produção (PCP), por meio da criação de uma planilha especialmente desenvolvida para tal, estruturando mecanismos de coleta de informações operacionais visando a padronização e o controle da produção. Adicionalmente foram apresentadas propostas de melhorias concebidas por intermédio da análise de cenários tornada possível pela simulação computacional do processo produtivo. Observa-se que esse trabalho foi conduzido com o essencial apoio do Prof. Dr. Daniel de Oliveira Mota, do Instituto Mauá de Tecnologia.

Para realizar a implementação do conceito do PCP e para simular o processo foi necessário coletar e analisar diversas informações, tendo sido, durante esta etapa, executadas as seguintes atividades:

a) Elaboração do fluxograma de processo, vide Figura 1, e do lay-out da empresa, vide a Figura 2.

FIGURA 1 – Fluxograma do processo

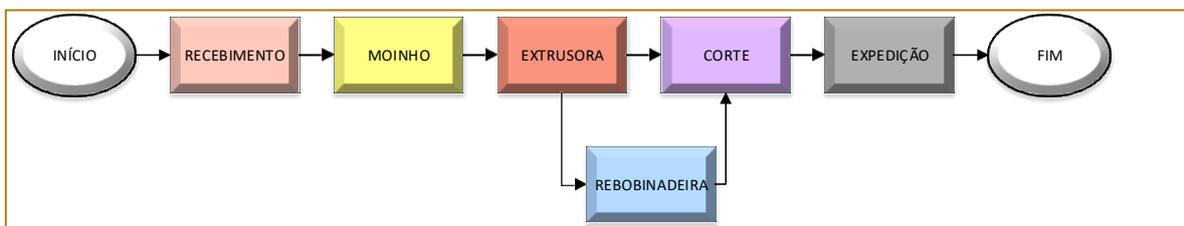
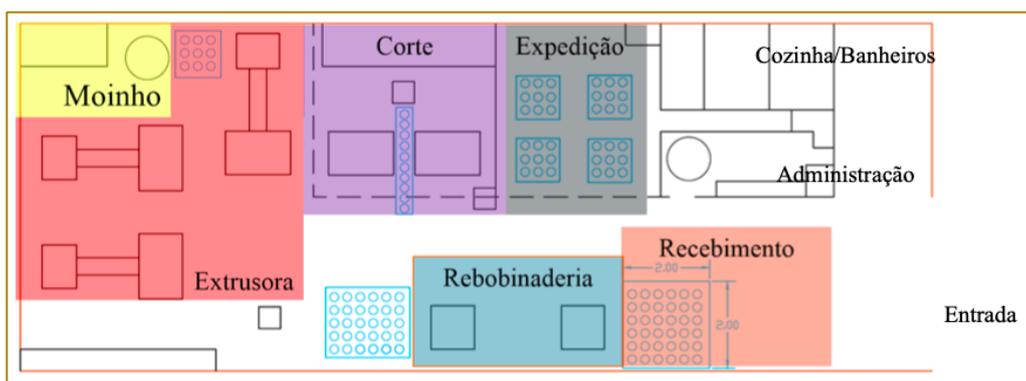


FIGURA 2 – Layout com a divisão dos setores



Nesta atividade, observou-se o desperdício de tempo na movimentação entre processos. Desta maneira, uma mudança de layout da planta poderia levar ao ganho de produtividade, através da redução do tempo de atravessamento, porém, devida a carência de informações em apontamentos de produção, e pela necessidade de envolvimento da empresa em outras atividades com maior urgência, dado o prazo limitado do atendimento tecnológico, optou-se por não priorizar a atividade de mudança de lay-out, em comum acordo com a empresa.

b) Levantamento de informações das capacidades produtivas de cada processo da produção.

c) Análise da produção mensal e semanal de produtos.

Verificou-se que os meses de novembro a janeiro apresentam demanda significativamente baixa. Assim, para esses períodos foi proposto ao empresário, aproveitar o tempo ocioso para realizar a manutenção dos equipamentos da empresa, promover eventos buscando alavancar a demanda no setor, ou treinar os funcionários para ganho de produtividade e capacidade. Do ponto de vista da análise semanal, observou-se um aumento de produção a partir da quarta-feira, atingindo um pico na quinta-feira e reduzindo na sexta em direção ao mínimo ocorrido nos finais de semana. O conhecimento desse perfil de demanda pode auxiliar na programação de produção,

direcionando esforços na alocação das equipes e antecipação dos fornecedores.

d) Análise de mix de produção.

Percebeu-se grande predominância do produto com dimensão nominal de 59x35 cm, assim, optou-se por direcionar as oportunidades de melhoria na produtividade da empresa para este produto em especial, e posteriormente para outros produtos classificados como de grande demanda. Por outro lado, decisões estratégicas podem levar a aceitação de pedidos menos usuais por ser um diferencial da empresa, ou seja, margens de lucro maiores nestes tipos de produtos.

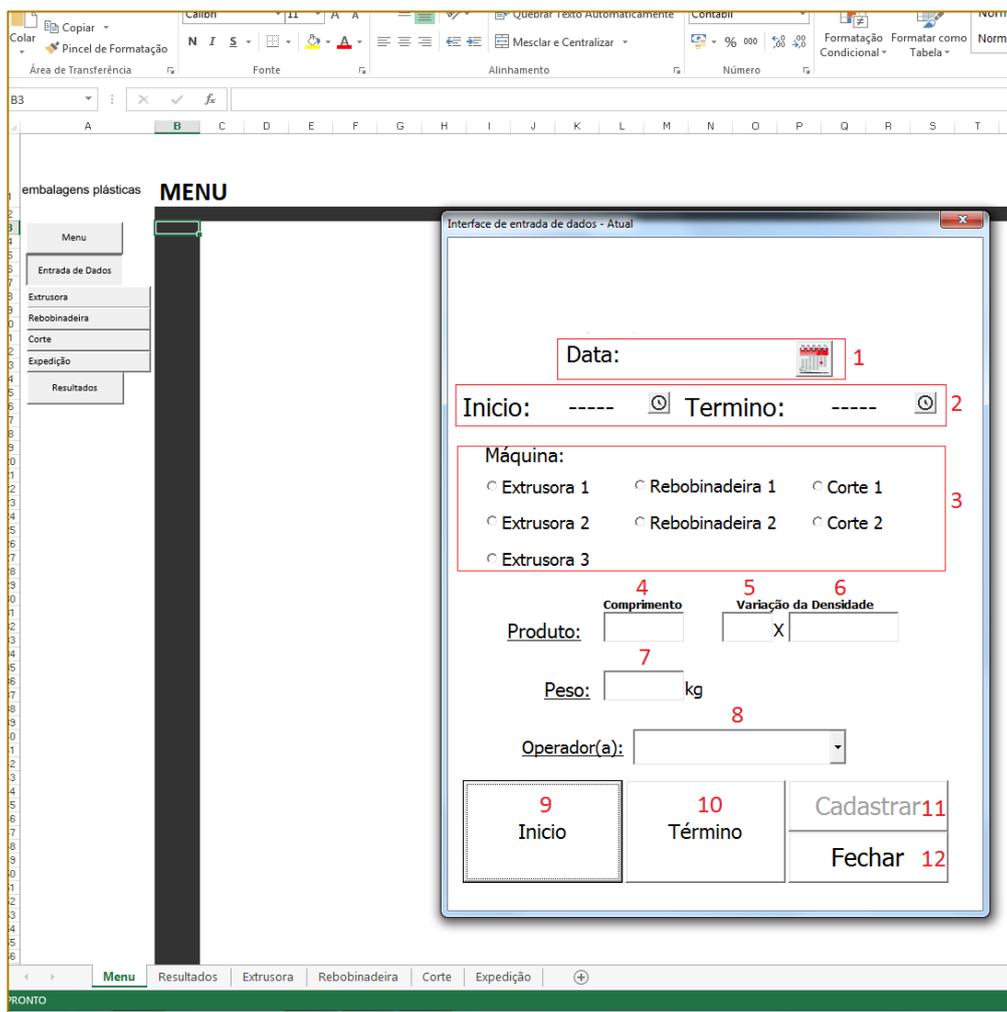
e) Análise da previsibilidade da demanda.

Por meio dessa análise, não foi possível observar um padrão de produção. Tendo em vista a dificuldade em se obter dados confiáveis e sem a informação do período em que cada máquina operou, a equipe do GESPRO elaborou novo padrão para coleta de informações da demanda, através de formulário, proporcionando melhoria significativa na qualidade dos dados coletados pela empresa. Este formulário tornou-se padrão para a empresa.

f) Elaboração de planilha eletrônica para armazenamento e controle de informações

A planilha foi criada utilizando o software Office Excel – Visual Basic For Applications (VBA), disponível na Figura 3.

FIGURA 3 – Planilha de controle em VBA



### 3.1 SIMULAÇÃO – PREMISSAS

Com as principais informações levantadas, e considerando-se que a empresa tinha como objetivo aumentar sua capacidade de produção por meio de investimento em mais uma máquina de corte e dobra, optou-se pela realização da simulação do processo para verificar se esse investimento era o mais adequado. Para tal, foi tomado como referência um conjunto de premissas, em concordância com o empresário, tais como:

- Maquinário sempre disponível para operar em sua capacidade total;
- Matérias-primas sempre disponíveis;
- São produzidas embalagens de 25 kg de sacos plásticos por hora;
- Sem limitações de espaços para estoques;

Os resultados obtidos são após 22 dias (um mês).

### 3.2 CENÁRIOS ANALISADOS

A simulação da empresa consistiu na análise de 4 cenários distintos, a saber:

Cenário 1: análise da situação atual

Cenário 2: análise da situação atual com a exclusão do moinho do processo

Cenário 3: análise da situação atual com a inserção de um moinho para cada extrusora

Cenário 4: análise da situação atual com a inclusão de uma máquina de corte

### 3.3 SIMULAÇÃO E SEUS RESULTADOS

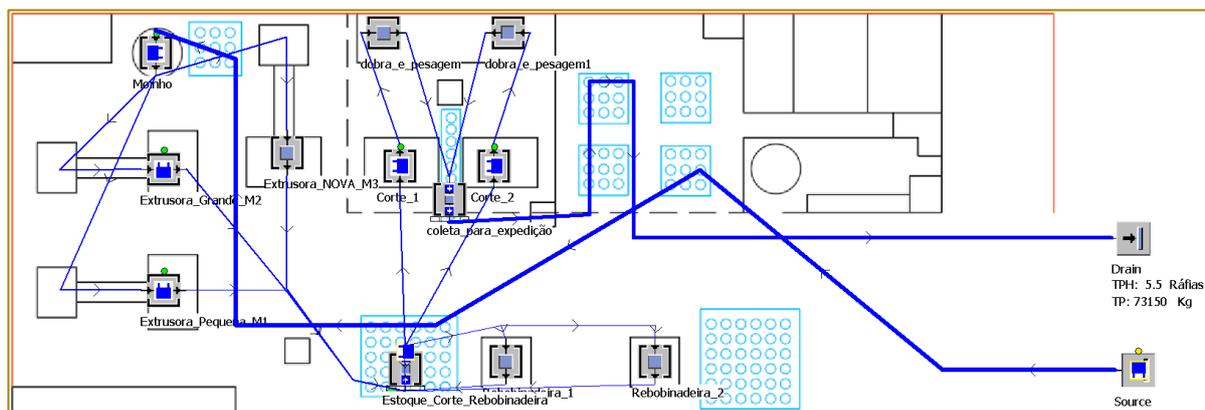
Relata-se a seguir os resultados das simulações realizadas.

### 3.3.1 CENÁRIO 1 – ANÁLISE DA SITUAÇÃO ATUAL

A Figura 4 mostra o diagrama de fluxo de matéria com a indicação do nome de cada operação, onde se pode visualizar o percurso

realizado pelos materiais e produtos. Neste cenário foi obtida a produção aproximada de 5,5 embalagens de 25 kg por hora.

FIGURA 4 – Fluxo da situação atual



Observa-se na Tabela 1, na qual são sumarizados resultados de simulação, que o moinho apresenta o maior índice de ocupação indicando ser ele o gargalo da linha produtiva. Por ser o único equipamento que abastece as três máquinas extrusoras é aceitável que este

equipamento seja um limitador do aumento de produção. Observe-se que a coluna Bloqueada constituinte das Tabelas 1, 2, 3 e 4 corresponde ao percentual do tempo em que a máquina não se encontra disponível para operação por motivos outros.

TABELA 1 - Relatório de análise do cenário 1

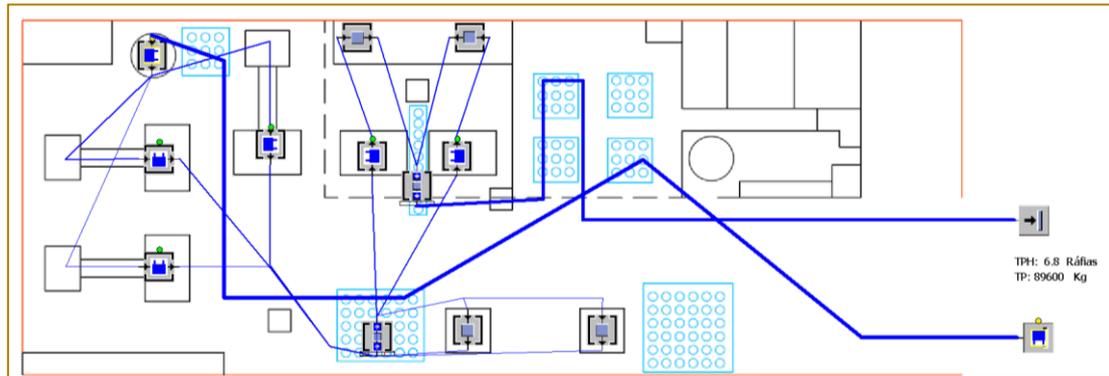
Recurso	Trabalhando (%)	Aguardando (%)	Bloqueada (%)
Moinho	92,53	0,00	7,47
Extrusora_Grande_M2	86,72	13,28	0,00
Extrusora_Pequena_M1	86,69	13,31	0,00
Extrusora_NOVA_M3	74,41	25,59	0,00
Corte_1	69,32	30,68	0,00
Corte_2	69,30	30,70	0,00
Rebobinadeira_1	17,11	82,89	0,00
Rebobinadeira_2	17,11	82,89	0,00
Dobra_e_pesagem_1	2,31	97,69	0,00
Dobra_e_pesagem_2	2,31	97,69	0,00

### 3.3.2 CENÁRIO 2 – SITUAÇÃO ATUAL COM A EXCLUSÃO DO MOINHO DO PROCESSO

Neste cenário foi considerado que o processo se inicia nas extrusoras, tendo sido obtida a

produção aproximada de 6,8 embalagens/h contendo cada uma 25 kg de produto (ver Figura 5).

FIGURA 5 – Diagrama de fluxo de matéria considerando o processo a partir das extrusoras



A Tabela 2 mostra resultado de simulação no qual é possível identificar as extrusoras, com utilização total do tempo disponível.

TABELA 2 - Relatório de análise do cenário 2

Recurso	Trabalhando (%)	Aguardando (%)	Bloqueada (%)
Extrusora_NOVA_M3	100,00	0,00	0,00
Extrusora_Pequena_M1	100,00	0,00	0,00
Extrusora_Grande_M2	100,00	0,00	0,00
Corte_1	84,87	15,13	0,00
Corte_2	84,86	15,14	0,00
Rebobinadeira_1	20,96	79,04	0,00
Rebobinadeira_2	20,96	79,04	0,00
Dobra_e_pesagem_1	2,83	97,17	0,00
Dobra_e_pesagem_2	2,83	97,17	0,00
Moinho	0,00	0,00	100,00

Entendendo-se que o processo se inicia nas extrusoras, considera-se hipoteticamente que elas operam a plena carga, estabelecendo-se assim a capacidade máxima de produção a ser obtida eliminando-se a operação do moinho. Verifica-se, então que a eliminação do moinho eleva a produção do sistema em aproximadamente 22%. Porém, essa condição operacional é inviável. Assim, criou-se o cenário 3, onde foi instalado um moinho para cada extrusora, eliminando o gargalo natural identificado no cenário 1.

### 3.3.3 CENÁRIO 3 - SITUAÇÃO ATUAL COM A INTRODUÇÃO DE UM MÓINHO PARA CADA EXTRUSORA

No cenário 3 foi obtida a produção aproximada de 6,8 embalagens/hora contendo cada uma 25 kg de produto (ver Figura 6).

FIGURA 6 – Diagrama de fluxo de matéria com a introdução de um moinho para cada extrusora

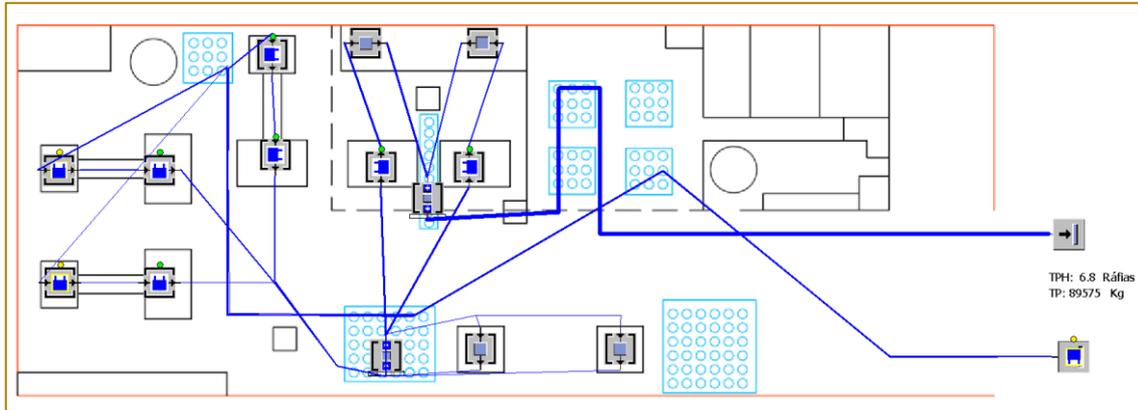


TABELA 3 - Relatório de análise do cenário 3

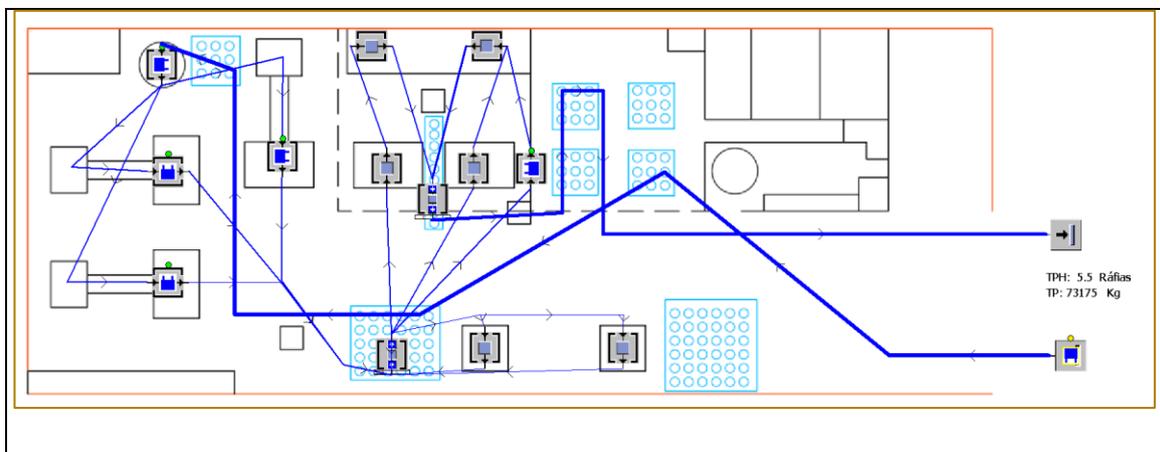
Recurso	Trabalhando (%)	Aguardando (%)	Bloqueada (%)
Extrusora_NOVA_M3	99,97	0,03	0,00
Extrusora_Pequena_M1	99,97	0,03	0,00
Extrusora_Grande_M2	99,97	0,03	0,00
Corte_1	84,85	15,15	0,00
Corte_2	84,83	15,17	0,00
Moinhos	26,70	0,00	73,30
Rebobinadeira_1	20,96	79,04	0,00
Rebobinadeira_2	20,95	79,05	0,00
Dobra_e_pesagem_1	2,83	97,17	0,00
Dobra_e_pesagem_2	2,83	97,17	0,00

Naturalmente, o aumento do número de moinhos manteve as extrusoras operando com capacidade máxima sendo que elas se tornam, então, o gargalo do processo produtivo. Desta forma, percebe-se que não é necessária a aquisição de um moinho por extrusora, mas dois moinhos são suficientes para eliminar o gargalo realmente existente.

### 3.3.4 CENÁRIO 4 - SITUAÇÃO ATUAL COM A INCLUSÃO DE UMA MÁQUINA DE CORTE

Na Figura 7, apresenta-se o diagrama de fluxo de matéria com a introdução de uma máquina de corte de

FIGURA 7 – Diagrama de fluxo de matéria com a introdução de uma máquina de corte



A simulação do cenário 4 resultou na Tabela 4 em cuja análise se identifica novamente o moinho como gargalo e mostra que a

introdução de uma nova máquina de corte não afetaria a capacidade de produção atual da empresa.

TABELA 4 - Relatório de análise do cenário 4

Recurso	Trabalhando (%)	Aguardando (%)	Bloqueada (%)
Moinho	92,53	0,00	7,47
Extrusora_Grande_M2	86,72	13,28	0,00
Extrusora_Pequena_M1	86,69	13,31	0,00
Extrusora_NOVA_M3	74,41	25,59	0,00
Corte_1	46,78	53,22	0,00
Corte_2	46,78	53,22	0,00
Corte_3	45,07	54,93	0,00
Rebobinadeira_1	11,55	88,45	0,00
Rebobinadeira_2	11,55	88,45	0,00
Dobra_e_pesagem1	3,06	96,94	0,00
Dobra_e_pesagem	1,56	98,44	0,00

#### 4. CONCLUSÕES

As proposições de melhorias, durante a etapa de coleta e análise de informação da empresa, criaram condições iniciais de aproximação do conceito de Planejamento de Controle da Produção (PCP). O formulário e planilha elaborados em Visual Basic for Applications - VBA foram adotados como padrão para preenchimento e armazenamento de dados, desse modo, a empresa adquiriu melhor controle e gerenciamento de dados

para análise, que anteriormente não eram confiáveis ou nem existiam.

A simulação permitiu constatar que o cenário 3, do ponto de vista estratégico, que sugere investimento em moinho em contraposição ao desejo inicial de investimento em máquina de corte, é o mais adequado para a organização, porque a partir do investimento proposto, caracterizado pelo menor custo, a capacidade de produção global da empresa aumenta, levando ao aumento esperado de produtividade de 22%.

#### REFERÊNCIAS

[1] CHWIF, L.; MEDINA, A. C. Modelagem e simulação de eventos discretos: teoria & aplicações. 3 ed. São Paulo: Bravarte, 2010. 309 p.

[2] KATAYAMA, M. T. et al. Aumento da competitividade em pequenas empresas utilizando a ferramenta operacional GESPRO. Revista IPT tecnologia e inovação, São Paulo, v. 1, n. 6, p. 6-12, dez. 2017.

[3] SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS - SEBRAE. Sobrevivência das empresas no Brasil. Brasília, 2016. Disponível em: <<https://m.sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/Anexos/sobrevivencia-das-empresas-no-brasil-102016.pdf>> Acesso em: 02 jul. 2018.

# Capítulo 11

## *IMPACTO DA GESTÃO DE RISCOS EM PROJETOS DE DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE: UM ESTUDO EM UM SOFTWARE HOUSE MULTINACIONAL*

*Jefferson de Souza Pinto*

*Jeferson Tadeu de Lima*

*Felipe Takeshi Ishizu*

*João Antonio Aparecido Cardoso*

*Olívio Novaski*

**Resumo:** O trabalho tem por objetivo demonstrar como a gestão de risco pode impactar no sucesso dos projetos. O método de pesquisa aplicado é caracterizado como um estudo de caso qualitativo, visto que a análise está embasada nos dados de um projeto de desenvolvimento de um web service destinado a realizar a integração de um software legado com um sistema de URA, e no referencial teórico disponível sobre o assunto. Sobre o referencial teórico e o projeto, buscou-se analisar todas as fases do planejamento da gestão de riscos com base em pesquisa bibliográfica e realizando um comparativo com a documentação disponível. Os principais resultados encontrados evidenciaram que ao aplicar técnicas e métricas do guia PMBOK®, é possível mapear e mensurar os riscos dos projetos e conseqüentemente criar planos de ações, identificar os principais fatores internos e externos que demandam atenção, e controlar os riscos. Conclui-se que no projeto analisado, não se mitigou os possíveis riscos desta integração, o gerenciamento de riscos desta customização não foi avaliado de forma correta e o principal ponto falho, foi a falta de uma visão holística do mesmo, dessa forma o gerente de projetos teria identificado todas as fronteiras dessa integração e prováveis ambientes de riscos.

**Palavras-chave:** Projetos, Risco, Gestão de Riscos, Web Service, URA.

## 1. INTRODUÇÃO

A gestão de risco teve seus primeiros estudos na época do renascimento, período no qual as pessoas começaram a tomar suas decisões não mais baseadas em instintos ou crenças, e desde então, não parou de evoluir, contribuindo com a sociedade em diversos segmentos, impulsionando a economia até os dias atuais, e pode-se constatar que a gestão de risco no decorrer dos anos conquistou seu espaço em diversos segmentos e no que diz respeito a gerenciamento de riscos em projetos de software, não poderia ser diferente (BERNSTEIN, 1997). Esta evolução vem proporcionando ao longo dos anos a capacidade de definir o que poderá acontecer no futuro e tomar decisões mais adequadas sob condições de risco. Realizando uma análise da evolução do objetivo da gestão dos riscos, o PMI (2013, p. 310) afirma que “[...] os objetivos do gerenciamento dos riscos do projeto são aumentar a probabilidade e o impacto dos eventos positivos e reduzir a probabilidade e o impacto dos eventos negativos do projeto”.

Projeto é um esforço temporário empreendido para criar um produto, serviço ou resultado exclusivo, que utiliza recursos limitados, conduzido por pessoas visando atingir metas e objetivos pré-definidos e estabelecidos dentro de parâmetros de prazo, custo e qualidade (PMI, 2008). Segundo Kendrick (2003), todos os projetos apresentam riscos, mas projetos de alta tecnologia apresentam riscos particulares, como alta variação.

Em uma software house, que atende a demanda de execução de diversos projetos de softwares de TI, riscos são verificados constantemente, e é importante a utilização de ferramentas e conceitos de gestão de riscos para minimizar a possibilidade desses riscos impactar negativamente no sucesso dos projetos da empresa.

Diante deste contexto de gerenciamento de riscos em projetos de TI, este trabalho tem como objetivo evidenciar como a gestão de riscos pode impactar no sucesso de um projeto. O estudo será baseado em comparações com resultados obtidos em um estudo de caso de um projeto de desenvolvimento de web service e apontando um novo cenário de uso de técnicas e métricas propostas no Guia PMBOK® do PMI (2013).

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Durante grande parte da história humana, o risco e a sobrevivência andaram de mãos dadas, onde seres humanos pré-históricos viviam vidas curtas e brutais em busca de comida e abrigo, e expostos ao perigo físico e ao mau tempo, porém, o risco físico e a recompensa material andaram de mãos dadas, e o homem das cavernas que se arriscou acabou tendo comida, e o avesso ao risco morreu de fome (DAMODARAN, 2008).

Os riscos também podem ter impacto no ambiente profissional, pois as pessoas lidam diariamente com diferentes tipos de riscos que podem refletir em perdas, oportunidades, e benefícios dependendo de suas escolhas (SILVA, 2013). O termo risco é originado do latim *risicu* ou *riscu*, que significa ousar, proveniente de um pensamento embasado em algo negativo ou que pode não dar certo, porém, atualmente esta visão foi remodelada com a inclusão da qualificação e da quantificação dos riscos e os possíveis ganhos ou perdas em um planejamento tanto em âmbito profissional quanto pessoal (IBGC, 2007).

No ambiente profissional, os riscos são uma constante e não podem ser eliminados inteiramente, por isso o gerenciamento de riscos procura empregar técnicas e procedimentos a fim de promover a base para uma melhor tomada de decisão (BOWEN, HASH e WILSON, 2006). Os riscos podem ser internos, que são eventos originados na própria estrutura da organização, pelos seus processos, seu quadro de pessoal ou de seu ambiente de tecnologia e que englobam a qualidade do produto ou serviço, perda de propriedade intelectual, acidentes, entre outros, enquanto os riscos externos são ocorrências associadas ao ambiente macroeconômico, político, social, natural ou setorial em que a organização opera, tais como desastres naturais, mudanças políticas, entre outras (IBGC, 2007; STEFFEN JUNIOR, 2011).

Um dos maiores desafios da gestão de riscos é lidar com a expectativa frente ao risco e conforme Baraldi (2010), “o risco é definido como elementos incertos às expectativas, aquilo que age constantemente sobre os objetivos, as metas e os meios estratégicos (pessoas, processos, informação e comunicação), influenciando o ambiente e podendo trazer prejuízos”. Nascimento (2003) salienta que as incertezas podem contribuir

diretamente para o risco de um projeto. No entanto, os riscos quando bem gerenciados, podem criar oportunidades de ganhos e de formas de melhoria (GAEA, 2017).

Realizar um bom mapeamento das oportunidades é uma das principais premissas da gestão de risco, o gerenciamento de risco traz metodologias para levantar o potencial dos eventos futuros que possam causar mudanças prejudiciais e implementar estratégias de custo-eficiência que possam lidar com estes riscos (GREENSTEIN e FEINMAN, 2000).

Ignorar o gerenciamento dos riscos frequentemente resulta em consequências indesejáveis, que vão desde requisitos não atendidos, perdas financeiras e problemas de desempenho, até ao completo fracasso do projeto (WALLACE e KEIL, 2004).

De acordo com Meira (2016), “o gerenciamento de riscos é algo que merece muita atenção e que as empresas devem se planejar antecipadamente para que os riscos não causem grandes impactos, comprometendo o sucesso”.

## 2.1 PLANEJAR O GERENCIAMENTO DOS RISCOS

Esta etapa é o início do processo, sendo que é neste momento que se firma o acordo para

obter apoio das partes interessadas e garantir que todo processo de planejamento dos riscos seja executado de maneira efetiva. Como pode ser verificado na Figura 1 e segundo Linhares e Quartaroli (2004) apud Palma et al. (2011), nesta etapa “deve-se desenvolver, documentar e organizar a estratégia de riscos, estabelecendo propósitos e objetivos, definindo responsabilidades para áreas específicas, identificando técnicas e expertises adicionais, estabelecendo métricas, definindo relatórios e documentação”.

Segundo PMI (2013), opiniões de especialistas, reuniões e técnicas analíticas que tem como objetivo classificar e qualificar seu apetite de risco e tolerância por meio de uma análise de perfil de riscos das partes interessadas.

A fonte principal de informações sobre riscos em projetos de sistemas de informação e engenharia de software é o conjunto de participantes envolvidos no projeto, e esses riscos podem ser reduzidos ou atenuados por meio de atividades realizadas anteriormente ao desenvolvimento do projeto (JIANG, KLEIN e ELLIS, 2002). Com base nas definições apresentadas e conforme a Figura 1, o resultado ou saída é o plano de gerenciamento de riscos.

Figura 1. Planejar o gerenciamento dos riscos.



Fonte: PMI (2013, p.313).

## 2.2 IDENTIFICAR OS RISCOS

Identificar os riscos é determinar fatores que podem afetar o projeto e criar uma base de conhecimento colocando o máximo de informações buscando caracterizar os tipos de ameaças, tendo como objetivo principal se antecipar aos eventos. Conforme a Figura 2, o resultado do processo de identificar os riscos é obtido com a entrada do plano de

gerenciamento de risco obtido por meio da saída do fluxo da Figura 1.

Segundo o PMI (2013), “identificar os riscos é o processo de determinação dos riscos que podem afetar o projeto e de documentação de suas características”.

O passo inicial para identificar o risco dos projetos é a realização de uma revisão estruturada da documentação do projeto, e técnicas como brainstorming, técnica Delphi,

reuniões, entrevistas e Análise SWOT (ou Análise FOFA – Forças, Oportunidades, Fraquezas e Ameaças) estão diretamente relacionadas com a coleta de informações (PMI, 2013). O registro dos riscos é o documento em que os resultados da análise dos riscos e o planejamento das respostas aos riscos são registrados, ele deve conter:

Lista dos riscos identificados e lista de respostas potenciais. Cada projeto exige um Plano de Gerenciamento de Riscos específico, podendo ter como base os documentos do projeto e planos de projetos anteriores das organizações envolvidas (PMI, 2004 apud SANTOS NETO, 2007).

Figura 2. Identificar os riscos: entradas, ferramentas e técnicas e saídas.



Fonte: PMI (2013, p.319).

Cabe salientar que o Plano de Gerenciamento de Riscos não tem um caráter estático e deve ser frequentemente alterado e ajustado de acordo com os avanços do projeto, porém, em projetos menores e de baixo custo, ou de baixo risco, este plano não é requerido em sua totalidade (COOPER et al., 2005).

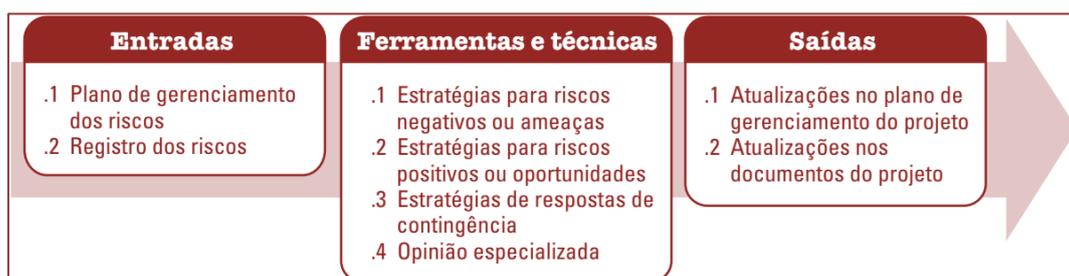
### 2.3 PLANEJAR RESPOSTAS

Neste ponto, deve-se desenvolver planos de ações para aumentar as oportunidades e reduzir as ameaças aos objetivos do projeto,

este processo inicia-se com a entradas obtidas por meio das saídas da Figuras 1 e 2 conforme observa-se na Figura 3. De acordo com Kerzner (2011, p. 483):

O planejamento de respostas aos riscos deve ser compatível com o plano de gerenciamento de riscos e com qualquer orientação adicional que o gerente de programa forneça. Uma parte crítica do planejamento das respostas aos riscos envolve o refinamento e a seleção da resposta mais adequada e abordagens específicas de aplicação para os riscos e oportunidades selecionados.

Figura 3. Planejar as respostas aos riscos: entradas, ferramentas e técnicas e saídas.



Fonte: PMI (2013, p.342).

## 2.4 CONTROLAR RISCOS

O processo de monitoramento e controle avalia de forma sistêmica a eficácia das ações de resposta aos riscos em relação às métricas estabelecidas inicia-se com a entrada das informações obtidas por meio das saídas das Figuras 1, 2 e 3, conforme

Figura 4. As informações obtidas servem de base para formular novas estratégias de resposta ao risco bem como o aprimoramento das atuais. O foco é estabelecer indicadores de gestão de custo, desempenho, e cronograma do programa para que todos os interessados possam avaliar o andamento do mesmo (KERZNER, 2011).

Figura 4. Controlar os riscos: entradas, ferramentas e técnicas, e saídas.



Fonte: PMI (2013, p.349).

## 3. MÉTODO E OBJETO DO ESTUDO

A linha de pesquisa delimitada foi o estudo de caso, pois de acordo com Beuren (2006), “o estudo de caso é importante por reunir informações numerosas e detalhadas com vista em aprender a totalidade de uma situação”, este método nos proporcionou confrontar o conhecimento teórico com os fatos da realidade traçou-se o modelo conceitual e eficaz da pesquisa, norteado por um referencial bibliográfico amplo que expôs o posicionamento de autores que tratam do assunto sob as mais diversas vertentes.

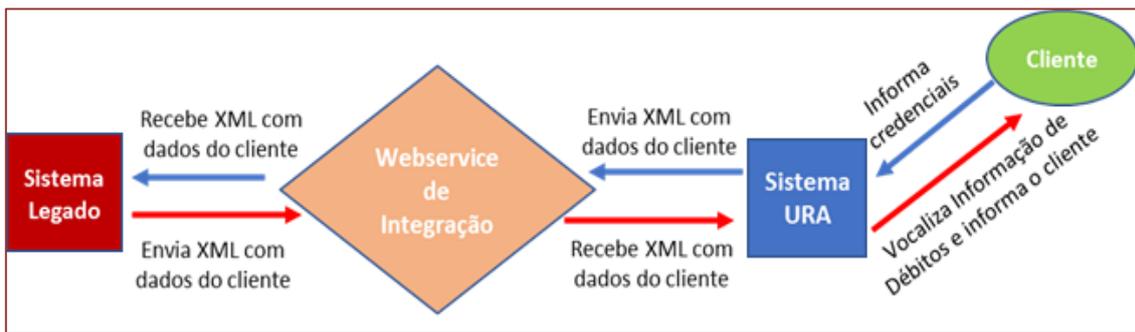
Os dados para a elaboração deste trabalho foram obtidos por meio do software GPR (Gerenciamento de Projetos) no qual consta o detalhamento de todo projeto e informações coletadas diretamente com o gerente de projetos responsável. Este método de coleta de dados se caracteriza como uma análise documental, que constitui uma técnica importante na pesquisa qualitativa, seja complementando informações obtidas por outras técnicas, seja desvelando aspectos

novos de um tema ou problema (LUDKE e ANDRÉ, 1986).

A empresa selecionada para este estudo é uma software house multinacional com mais de 18000 colaboradores e que atua em diversos segmentos como varejo, educação, recursos humanos e manufatura, e neste trabalho será denominada Empresa X. O trabalho proporcionou o aprofundamento de uma realidade de gerenciamento de riscos em um projeto de desenvolvimento de um web service utilizado para integração entre um sistema comercial (Legado) e um sistema URA (Unidade de Resposta Audível), que é um software de terceiros.

O projeto selecionado é o desenvolvimento de um web service para seu cliente Y, que é uma companhia de distribuição de energia elétrica, e este web service é utilizado para integração entre um sistema Comercial e um sistema URA (Unidade de Resposta Audível), que serve para vocalizar aos clientes da empresa os dados que são transmitidos em formato XML por meio dos web services. Conforme pode ser verificado na Figura 5.

Figura 5. Fluxograma do funcionamento da integração.

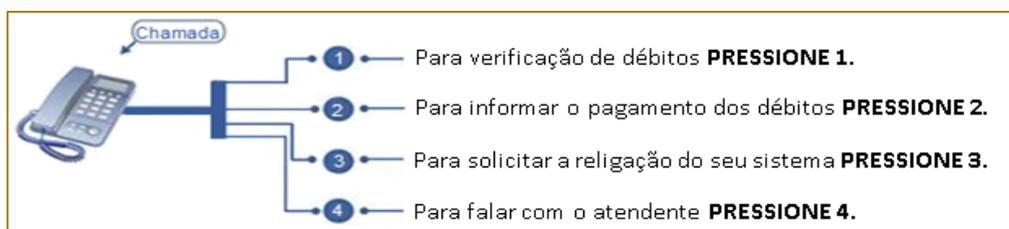


Fonte: Os autores (2018).

O cliente liga no call center da empresa e é atendido por uma secretária eletrônica (URA) que irá vocalizar as informações pertinentes ao atendimento, como por exemplo, no momento em que o cliente PRESSIONA 1, é consumido o web service de verificação de débitos, ou seja, é acionada a requisição por meio da integração entre o sistema Legado e o Sistema URA, este web service irá se conectar e acessar a base de dados do sistema legado com validações pré-determinadas num documento chamado

Contrato de Integração, o qual contém a arquitetura que será utilizada no desenvolvimento deste web service (SOAP, REST ou demais arquiteturas) e quais as tags do XML estarão sendo requisitadas e retornadas nessa integração entre os dois sistemas, assim como as exceptions que poderão ser tratadas nesta integração. Esses dados em formato XML serão vocalizados ao cliente por meio do sistema URA. A Figura 6 apresenta o funcionamento da URA e suas integrações.

Figura 6. Resumo do funcionamento da URA.



Fonte: Os autores (2018).

#### 4. ANÁLISE SOBRE O DESENVOLVIMENTO DE PROJETO

O projeto em questão, fez parte um portfólio de projetos solicitados pelo cliente Y, dentre diversos projetos de integração entre o sistema comercial fornecido pela software house empresa X e um sistema legado utilizado pelo cliente Y.

O projeto utilizado como problemática deste trabalho teve todo seu planejamento dentro dos conformes, ou seja, o acompanhamento do gerente de projetos foi dentro do esperado em quase todos os quesitos, porém, o gerenciamento de risco não foi um sucesso devido à falta de contemplar uma provável existência de uma possível validação no XML

do sistema legado. As demais fases do projeto foram sendo executadas com sucesso, tendo os indicadores de custo e prazo dentro do esperado. O projeto de integração foi entregue ao cliente em pleno funcionamento, dentro das expectativas do cliente e atendendo a demanda inicial, que era o desenvolvimento de um web service contendo diversos métodos.

Dentre os métodos solicitados, existem alguns com maior frequência de uso, por exemplo, quando um cliente efetuar uma ligação no call center (0800-000-000) do cliente Y, um dos métodos deste web service tem como função identificar o telefone que está efetuando a ligação e verificar se o mesmo já possui

cadastro no sistema comercial, a partir da utilização do método identificação.

Após a identificação da UC que deseja atendimento, a URA irá vocalizar aos clientes os serviços que estão disponíveis para aquela UC. Dessa forma, o cliente poderá registrar no sistema comercial diversos tipos de serviços para sua UC por meio dessa integração entre o sistema URA e o sistema comercial da companhia de energia. Estes web services foram a melhor maneira pensada naquele momento para atender a demanda da empresa contratante.

#### 4.1 ANÁLISE DA PROBLEMÁTICA DO PROJETO

Após alguns meses de utilização, a empresa contratante entrou em contato e solicitou algumas customizações do web service, solicitando a inserção de novas informações, ou seja, foi necessário ajustes para que retornassem uma nova tag de retorno, para vocalização ao cliente final.

A empresa contratante também solicitou que todos os métodos do web service deveriam possuir uma validação de usuário e senha criptografadas, ou seja, além da customização simples citada no parágrafo anterior, a partir daquele momento as requisições do web service passariam a validar uma senha (Hash) do tipo MD5 com SALT, neste ponto é onde concentramos nosso estudo de gerenciamento de risco apresentado neste trabalho. Pois, não foi efetuado o gerenciamento de riscos necessário para prever que este tipo de validação poderia apresentar problemas no momento da entrega deste projeto ao cliente, e ao entrar em operação, o mesmo viria a ter problemas na validação, pois deveria ter o alinhamento de todos os sistemas que os integravam.

Em ambiente de homologação foram efetuados testes de integração, apenas testes de funcionalidade, foram simuladas várias requisições ponto a ponto (testes cruzados), apenas para validar se o mesmo estava registrando os serviços no sistema comercial. Porém, conforme salienta Gusmão (2007, p.10), “gerenciar riscos não é apenas realizar testes”.

No momento da aplicação da customização no ambiente de produção, verificou-se que a URA havia parado de funcionar, assim foram acionados os responsáveis que estavam de

plantão durante a aplicação dos patches para tentarem identificar o problema na URA que não estava vocalizando, nem identificando as ligações, ou seja, a empresa não estava recebendo nenhum tipo de comunicação por meio de call center, que naquele momento, era o principal ponto de contato entre os consumidores e a empresa distribuidora de Energia Elétrica (Cliente Y). Cabe salientar que, os patches de grandes riscos são sempre aplicados durante a madrugada e nos fins de semana, para obter o menor impacto de atendimento possível.

Retomando a problemática do trabalho, após algumas horas de análise dos especialistas de plantão durante aquela madrugada de aplicação dos patches, não foi possível a identificação do problema. Assim, foi necessário efetuar o rollback dos web services, ou seja, retroceder para a versão anterior que estava em funcionamento antes da falha ter ocorrido. Após análises das evidências da anormalidade do sistema, em momento posterior o gerente do projeto dessa customização conseguiu identificar o problema, que foi ocasionado devido ao fato da nova versão enviada ao cliente possuir uma nova validação de senha solicitada pelo mesmo.

Dessa forma, o gerente do projeto entrou em contato com o Cliente Y e o questionou sobre essa integração, perguntando se os demais sistemas com o qual o web service estava integrando, também haviam efetuados suas customizações, pois, com a nova validação de senha, os sistemas que integravam também deveriam estar esperando essa nova tag, assim, verificou-se que um dos sistemas da integração não foram customizados para receber esta nova informação. Este rollback de versão gerou altos custos ao cliente, que provavelmente repassou para a empresa integradora que não estava preparada para receber a informação criptografada.

#### 4.2 MITIGANDO O RISCO DA PROBLEMÁTICA DO PROJETO

Num primeiro momento, identificou-se que o software para gerenciar projetos da empresa X, apesar de não ser específico para gerenciamento de riscos, atende em partes às necessidades de gerenciamento de riscos, pois possui campos para a inserção de dados de planejamento, termo de abertura, registros de partes interessadas, e fatores ambientais

da empresa, onde neste caso foram inseridos os dados no campo apontamento.

Durante o projeto, não foram encontradas documentações sobre o software de terceiros e do sistema legado, muito menos dados sobre projetos anteriores do cliente Y, este processo de documentação e pesquisa da base de conhecimento é muito importante, pois são informações que não demandam muito esforço para obtê-las e que influenciam muito no sucesso do projeto e segundo o PMI (2013), este processo ajuda na: a) categorização dos riscos; b) definições comuns de conceitos e termos; c) formatos da especificação de riscos; d) modelo padrão; e) papéis e responsabilidades níveis de autoridade para tomada de decisão; f) lições aprendidas.

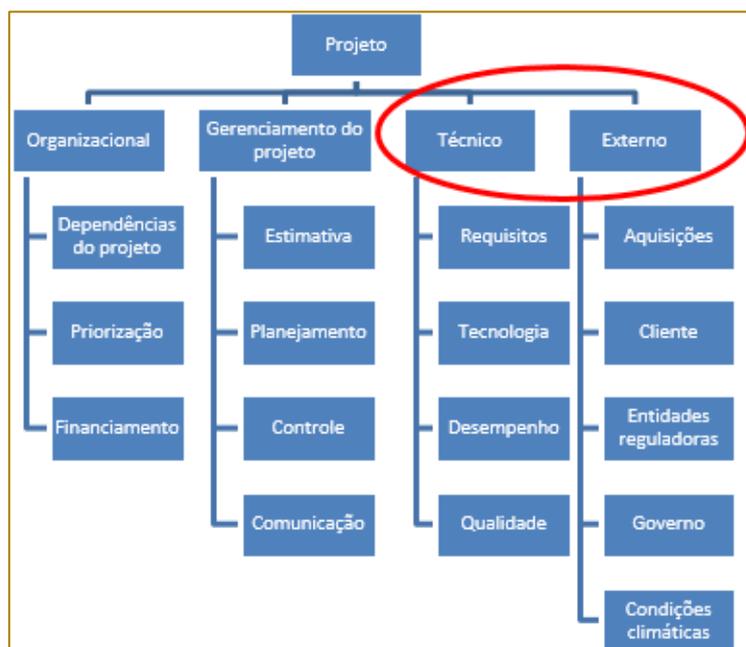
O software de Gerenciamento de Projetos utilizados pela empresa X foi desenvolvido pela própria empresa, e foi concebido com base na 4ª edição do Guia PMBOK® do PMI, não possuindo o Gerenciamento dos Stakeholders. Cabe salientar que este software tem funcionalidades bem parecidas com outros softwares de Gerenciamento de Projetos do mercado, como por exemplo, MS-Project 2013, Clarity, dentre outros.

Para este caso em específico, a principal ferramenta que poderia ter sido utilizada pelo

Gerente deste Projeto, é o mapeamento dos riscos e posteriormente a categorização do mesmo, posteriormente deveria ter sido feito uma documentação do mesmo, expondo as responsabilidades, nesse caso a responsabilidade foi externa, pois se tratava de uma integração com um sistema fora da fronteira da aplicação da responsabilidade do sistema comercial. Para contextualizar o exposto neste parágrafo, pode ser observado na Figura 7, a EAR (Estrutura Analítica dos Riscos), uma ferramenta que permite agrupar e organizar os riscos de um projeto facilitando sua gestão (HILLSON, 2003).

O gerenciamento do risco desse projeto deveria ter sido focado em duas bases citadas na EAR apresentada na Figura 7, ou seja, nas probabilidades de incompatibilidade Técnica e Externa, as quais estiveram presentes desde o início do desenvolvimento da integração deste projeto de web service. Contudo, não foi dada a atenção necessária para tais probabilidades. Mormente, caso essas informações tivessem sido analisadas ou tratadas com a importância e detalhamento informado no Guia PMBOK® do PMI, as chances desses riscos se tornarem problemas, poderiam ser minimizadas ou talvez até extinguidas.

Figura 7. Estrutura Analítica dos Riscos.



Fonte: PMI (2013).

Em suma, após os erros de integração desse projeto, o mesmo entrou para a lista de lições aprendidas. Isto posto, futuramente os gestores de projetos da empresa X poderão identificar os riscos em situações semelhantes com antecedência, e assim minimizar as chances destes riscos causarem problemas.

## 5. CONCLUSÕES

Este trabalho objetivou uma análise voltada para a gestão de riscos em projetos e como a mesma pode impactar no sucesso de projetos ou no insucesso do mesmo. Com base na fundamentação teórica e evidências plausíveis foi possível identificar o resultado do gerenciamento de risco em projetos de web service, pois, se a gestão de risco tivesse sido aplicada conforme detalhado neste trabalho, o resultado poderia ter sido o sucesso pleno do projeto. Apesar de toda análise ter ocorrido em um projeto finalizado, o trabalho conseguiu demonstrar por meio de uma comparação de resultados e embasado no referencial teórico, a devida importância da gestão de riscos e seus impactos no sucesso de um projeto.

Destaca-se que apesar da importância da gestão de risco, ainda existem muitas empresas que não adotaram tal processo no planejamento de seus projetos, o que acaba impactando no sucesso dos mesmos, visto que a tendência é encontrarmos ambientes cada vez mais complexos, tal como o ambiente apresentado nesta pesquisa, que envolve diversos fatores e riscos internos e externos.

Cabe ressaltar que o projeto inicial de desenvolvimento destes web services foi entregue com sucesso e estava em pleno funcionamento, porém o objeto de estudo

deste trabalho focou na customização destes web service de integração com um Sistema URA, utilizado pela empresa contratante. Tal customização tinha como objetivo a inserção de uma validação dos mesmos por meio de validação de usuário e senha (user e password) no core do XML, esta validação foi desenvolvida dentro dos padrões de qualidade da empresa e validada pelo cliente por meio do "Termo de Aceite" do Plano de Projeto. Porém, o gerenciamento dos riscos desta customização não foi avaliado de forma correta, e o principal ponto falho do gerente deste projeto, foi a falta de uma visão holística do mesmo, pois dessa forma, ele teria identificado que a integradora do software (URA) deveria estar apta para receber tal customização. Este risco não foi mapeado e documentado com a devida importância, gerando retrabalho e análises desnecessárias dos consultores especialistas e arquitetos da software house, gerando altos custos de retrabalhos que foram posteriormente repassados ao cliente integrador.

Este caso foi posteriormente documentado como "Lições Aprendidas" nos projetos desta software house e atualmente os projetos de integrações trazem consigo um alerta (uma notificação) sobre tal risco. Onde, o gerente de projetos, antes de dar continuidade nas atividades diárias deste tipo de projeto, deverá preencher premissas relacionadas ao gerenciamento de riscos do projeto no sistema GPR - Gerenciamento de Projetos da empresa.

Destarte, apesar de impactante, a falta de gerenciamento de risco desta customização agregou valor para a instituição, pois a partir desta problemática foi possível evitar que problemas parecidos se repetissem em projetos de integrações futuras com outros clientes.

## REFERÊNCIAS

[1] BERNSTEIN, P. L. Desafio aos Deuses: a fascinante história do risco. 9. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1997.

[2] BEUREN, I. M. Como Elaborar Trabalhos Monográficos em Contabilidade: Teoria e Prática. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2006.

[3] BARALDI, P. Gerenciamento de Riscos. 3. ed. Rio de Janeiro: Campus, 2010.

[4] BOWEN, P.; HASH, J.; WILSON, M. Information Security Handbook: A Guide for Managers. National Institute of Standards and Technology (NIST). out. 2006.

[5] COOPER, D.; GREY, S.; RAYMOND, G.; WALKER, P. Project Risk Management Guidelines: managing risk in large projects and complex procurements. England: John Wiley & Sons, 2005.

- [6] DAMODARAN, A. *Strategic Risk Taking: A Framework for Risk Management*. New Jersey: Pearson, 2008.
- [7] GAEA Consulting. *O Guia Definitivo de Gestão de Riscos para TI*. São Caetano do Sul, SP, ago. 2017. Disponível em: <<https://gaea.com.br/o-guia-definitivo-de-gestao-de-riscos-para-ti>>. Acesso em: 28 mai. 2018.
- [8] GREENSTEIN, M.; FEINMAN, T. *Electronic commerce: security, risk management and control*. Boston: McGraw-Hill, 2000.
- [9] GUSMÃO, C. M. G. *Um Modelo de Processo de Gestão de Riscos para Ambientes de Múltiplos Projetos de Desenvolvimento de Software*. 2007. 256f. Tese (Doutorado Ciência da Computação). Centro de Informática da Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE.
- [10] HILLSON, D. *Using a Risk Breakdown Structure in Project Management*. *Journal of Facilities Management*, v. 2, n. 1, p. 85-97, 2003.
- [11] IBGC - Instituto Brasileiro de Governança Corporativa. *Guia de Orientação para Gerenciamento de Riscos Corporativos*. São Paulo: IBGC, 2007.
- [12] JIANG, J.J.; KLEIN, G.; ELLIS, T.S. A Measure of Software Development Risk. *Project Management Journal*, v. 33, n. 3, p. 30-41, 2002.
- [13] KERZNER, H. *Gerenciamento de Projetos: uma abordagem sistêmica para planejamento programação e controle*. 10. ed. São Paulo: Blucher, 2011.
- [14] KENDRICK, T. *Identifying and Managing Project Risk: essential tools for failure-proofing your project*. New York: Amacom, 2003.
- [15] LINHARES, J.; QUARTAROLI, C. M. *Guia do Gerenciamento de Projetos e Certificação PMP*. 1. ed. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2004.
- [16] LUDKE, M.; ANDRÉ, M. E.D.A. *Pesquisa em Educação: abordagens qualitativas*. São Paulo: EPU, 1986.
- [17] MEIRA, M. A Importância do Gerenciamento de Riscos em um Projeto. Disponível em: <<http://www.administradores.com.br/artigos/academico/a-importancia-do-gerenciamento-de-riscos-em-um-projeto/98452>>. Acesso em: 4 jun. 2018.
- [18] NASCIMENTO, V. M. *Gerência de Riscos em Planejamento e Controle de Projetos*. 2003. 97f. Monografia (Graduação em Administração de Empresas). Universidade Veiga de Almeida, Rio de Janeiro, RJ.
- [19] PALMA, M. A. M.; ANDRADE, J. L. P.; SILVA, J. *Gestão de Riscos em Projeto: contornando incertezas para viabilizar a implantação de nova tecnologia em uma indústria petrolífera de E&P*. *Revista de Gestão e Projetos*, São Paulo, v. 2, n. 2, p. 102-122, jul./dez. 2011.
- [20] PMI. *Project Management Institute (ed.). A Guide to the Project Management Body of Knowledge - PMBok®*. 5. ed. Newtown Square, Pennsylvania: PMI Publishing Division, 2013.
- [21] SANTOS NETO, N. F. *Gerenciamento de Riscos dos Projetos: uma proposta de modelo de maturidade*. 2007. 156p. Tese (Doutorado). Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica, Campinas, SP.
- [22] SILVA, F. L. A. *Análise do Impacto do Gerenciamento de Riscos no Sucesso de Projetos: um estudo de caso em uma organização de desenvolvimento de software*. 2013. 112f. Dissertação (Mestrado Ciência da Computação). Centro de Informática da Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE.
- [23] STEFFEN JUNIOR, J. *Gerenciamento de Risco em TI: um estudo de caso voltado a falhas e incidentes*. 2011. 51f. Monografia (Pós-Graduação Gestão de Negócios Financeiros). Escola de Administração, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS.
- [24] WALLACE, L.; KEIL, M. *Software Project Risks and Their Effect on Outcomes*. *Communications of the ACM*, v. 47, n. 4, p. 68-73, 2004.

# Capítulo 12

## ANÁLISE DE HARMÔNICOS EM UNIVERSIDADE UTILIZANDO TÉCNICAS DE MINERAÇÃO DE DADOS

*Waterloo Ferreira da Silva*

*Maria Emilia de Lima Tostes*

**Resumo:** este artigo apresenta uma análise do impacto harmônico na taxa de distorção harmônica de tensão no ponto de acoplamento comum de um campus universitário localizado em belém. Durante esta análise, utilizou-se técnicas de mineração de dados o classificador naive bayes aos dados de tensão harmônica medidos neste campus usando analisadores de qualidade de energia para criar um modelo capaz de determinar e avaliar quais setores mais contribuem para o aumento da taxa de distorção harmônica de tensão deste campus.

**Palavras-chave:** mineração de dados, naive bayes, harmônicos, análise, campus, voltagem, qualidade de energia.

## 1 INTRODUÇÃO

O termo qualidade de uma forma geral é um item que tem sido almejado por todos os setores. Este conceito procura assegurar que o produto ou serviço vai atender às necessidades do consumidor. A qualidade associada à energia elétrica é ainda mais importante, pois está presente nos mais diversos ambientes seja em residências, campus ou na cadeia produtiva.

Conceitualmente a Qualidade de Energia está relacionada a um conjunto de alterações que podem ocorrer no sistema elétrico. O problema da qualidade de energia como: "Qualquer problema de energia manifestada na tensão, corrente ou nas variações de frequência que resulte em falha ou má operação de equipamentos de consumidores" (IEC6100-2-2). Tais alterações podem ocorrer em várias partes do sistema de energia, seja nas instalações de consumidores ou no sistema supridor da concessionária. Um critério utilizado para avaliar a qualidade de energia sob a ótica das distorções harmônicas é o indicador da Taxa de Distorção Harmônica (THD) (IEEE Standard 519, 2014). O presente estudo tem como escopo formular uma análise referente à qualidade de energia elétrica em sistema trifásico de baixa tensão através da avaliação dos indicadores THD utilizando algoritmos de inteligência computacional (Dugan et al., 2004) que tem a finalidade de trazer para a análise a visão do especialista baseada nas normas vigentes no mercado brasileiro.

As formas de energia existente atualmente representam uma alavanca para o desenvolvimento dos países impactando de forma direta na sociedade em todos os seus aspectos. Uma dessas formas é a energia elétrica que impulsiona diversos seguimentos seja para consumo ou para produção (Oliveira, 2008).

A disponibilidade da energia elétrica representa um incremento na qualidade de vida das populações. Num primeiro momento em que se implanta um sistema de distribuição de energia elétrica, a população local imediatamente passa a contar com inúmeros benefícios, seja no conforto, criação de novos postos de trabalho e conseqüentemente no processo de desenvolvimento global.

Os avanços tecnológicos, impulsionado com o crescente uso da energia elétrica, levou ao desenvolvimento da eletrônica de potência,

novas tecnologias envolvendo materiais semicondutores de características não-lineares passaram a ser empregadas para o alcance das soluções nas indústrias. Com o uso crescente da eletrônica de potência nos diversos equipamentos utilizados nos sistemas elétricos intensificou a preocupação com o aparecimento das distorções harmônicas nos sistemas elétricos (Tostes, 2008).

Os harmônicos do sistema de potência são definidos como tensão e correntes senoidais em frequências que são múltiplos inteiros da principal gerada (ou fundamental) de frequência (Arrilaga, 2003)

Vale ressaltar que as estritas observâncias dos limites recomendados pelas normas não eliminam os problemas, particularmente quando os sistemas estão operando perto dos limites.

Em geral este comportamento não linear pode ser observado pela não conformidade da forma de onda de corrente quando relacionada com a forma de onda de alimentação da carga (Dugan e Mcdermott, 2004).

Existem várias normas e recomendações de diversas organizações mundiais sobre os limites de harmônicas em sistemas elétricos. Todas estas recomendações são desenvolvidas com o auxílio de diversos fabricantes de equipamentos, concessionárias de energias e instituições de pesquisa. O IEEE Std. 519-2014 como práticas recomendadas e requisitos para controle de harmônicas em sistemas elétricos de potência, propõe um compartilhamento de responsabilidades para a manutenção das harmônicas no PAC (Ponto de Acoplamento Comum), onde os consumidores devem garantir que as correntes harmônicas estejam limitadas e as concessionárias, por sua vez, garantam os limites das distorções harmônicas de tensão (IEEE Standard 519, 2014).

A IEC-61000-2-2 limita distorções harmônicas de tensão para consumidores com tensão de alimentação entre 240V e 450v para sistema trifásicos ou monofásicos que estejam operando com frequência nominal de 50Hz ou 60Hz (IEC6100-2-2).

A norma IEC 61000-4-7 especifica as diretrizes necessárias para o projeto e construção de medidores de distorção harmônica. De acordo com essa norma, os

medidores de THD são basicamente compostos por: circuitos de entrada com filtros anti-aliasing, conversores A/D, unidade de sincronização e um processador de transformada discreta de Fourier responsável por fornecer os coeficientes de Fourier. No aspecto metrológico, a IEC 61000-4-7 define duas classes de exatidão para medidores de THD. A classe I é utilizada quando são necessárias medições com elevado grau de precisão de exatidão. Os instrumentos de classe II são recomendados para aplicações mais gerais (IEC 6100-4-7, IEC 61000-4-30).

A norma IEC 61000-4-30, publicada em 2003, que objetiva botar um ponto final nas indefinições em relação a como se medem os parâmetros de qualidade, conhecidos

também como protocolos de medição (IEC 61000-4-30 Ed.2, 2008).

No Brasil, a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) desenvolveu os Procedimentos de Distribuição de Energia (PRODIST). A atual revisão do PRODIST entrou em vigência em primeiro de janeiro de 2018. Dentre os principais objetivos do PRODIST encontra-se o de garantir que os sistemas de distribuição operem com segurança, eficiência, qualidade e confiabilidade. O Módulo 8 do PRODIST regula a qualidade da energia em redes de distribuição.

No âmbito da injeção dos harmônicos na rede elétrica, o PRODIST define os limites apresentados na Tabelas 1.

TABELA 1. Limites das distorções harmônicas totais (Em % da tensão fundamental).

Indicador	Tensão nominal		
	$V_n \leq 1,0 \text{ kV}$	$1,0 \text{ kV} < V_n < 69 \text{ kV}$	$69 \text{ kV} \leq V_n < 230 \text{ kV}$
DTT95%	10,0%	8,0%	5,0%
DTTP95%	2,5%	2,0%	1,0%
DTTI95%	7,5%	6,0%	4,0%
DTT395%	6,5%	5,0%	3,0%

Apesar da legislação vigente não penalizar as indústrias pela geração de correntes harmônicas no sistema de energia, já há sinalização de que em breve a ANEEL divulgará nova legislação para avaliar os impactos oriundos das indústrias, conforme citação da nota técnica 0083/2012-SRD/ANEEL onde a mesma faz referência a norma australiana que impõe valores de referência para a distorção harmônica da tensão (a serem observados pela distribuidora) e outros à corrente harmônica de equipamentos conectados na rede (a serem observados pelo consumidor) (ANEEL, 2012).

Os efeitos das distorções harmônicas incluem: o aumento dos valores de pico de tensão (pode levar o sistema de isolamento à ruptura); o aumento dos valores de eficaz (RMS) (leva a aumentar as perdas de potência) e o aumento da tensão e corrente de espectro de frequência (vibrações adicionais e desgaste mecânico) (Dugan et al, 1999) (IEEE Task Force, 1993). Devido a circulação de correntes harmônicas produz aquecimento adicional em condutores de

alimentação, alternadores, motores e transformadores. Além disso, problemas inesperados em dispositivos de proteção, operação errada em equipamentos eletrônicos sensíveis (computadores, equipamentos de comando e controle, etc.) e erros nos valores dos equipamentos de medição (por exemplo, balanças industriais eletrônicas, dosímetros eletrônicos, etc.) pode ocorrer (IEEE Task Force, 1993).

Tendo como objetivo avaliar o impacto das harmônicas em um Campus Universitário e permitir a antecipação com relação à próxima legislação a entrar em vigor. Foram instalados 5 analisadores de qualidade de energia, em campanhas de medição de 7 dias, de acordo com o estabelecido pelo PRODIST, em cinco diferentes pontos do campus. Os analisadores foram colocados na entrada do campus e em 4 diferentes pontos.

O objetivo é levantar o perfil de impacto na entrada do campus causado pelos diferentes pontos e equipamentos eletrônicos instalados no referido campus.

As campanhas de medição formam armazenadas em um banco de dados relevante para que com a utilização de técnicas de inteligência computacional se possa avaliar o impacto de cada área medida no ponto entrada do campus para futuramente se tomar medidas mitigadoras e atender a legislação que será imposta pela ANEEL referente aos níveis de distorções harmônicas nos sistemas elétricos de potência.

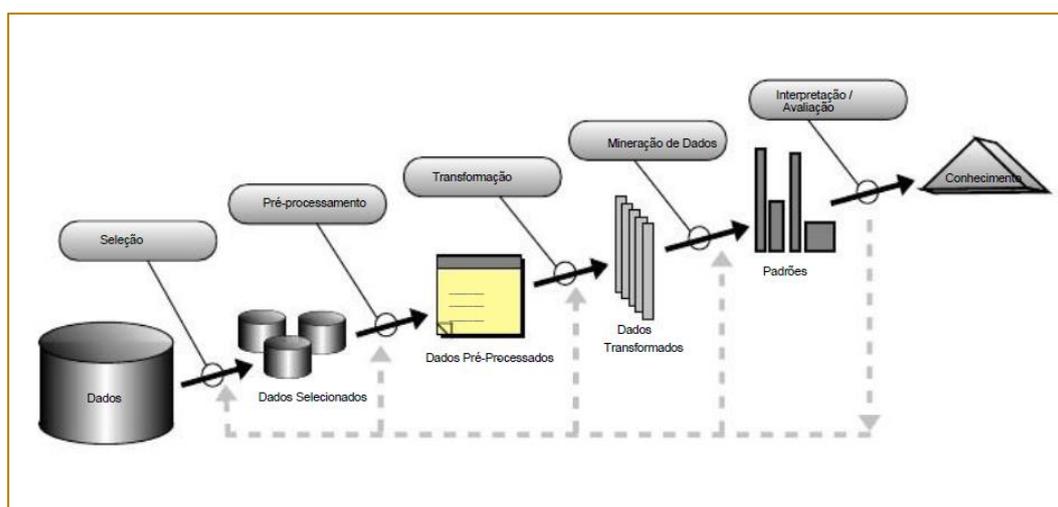
O artigo apresenta a análise dos dados através técnica de mineração de dados mais especificamente com o classificador Naive Bayes para identificar o impacto das componentes harmônicas de corrente das

cargas não lineares provenientes de equipamentos eletrônicos no THDv da tensão de entrada de um campus universitário.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

A mineração de dados é uma parte integral da “descoberta do conhecimento em base de dados” (KDD – Knowledge Discovery in Database), é um processo, de várias etapas, não trivial, interativo e iterativo, para identificação de padrões compreensíveis, válidos, novos e potencialmente úteis, a partir de bases de dados.

Figura 1. O processo de KDD.



Fonte: FAYYAD; PIATETSKYS-SHAPIARO; SMYTH, 1996. p.10.

Esta foi a metodologia escolhida para a execução da pesquisa.

Os dados de entrada podem ser armazenados em uma diversidade de formatos (arquivos simples, planilhas ou tabelas relacionadas) e podem ficar em um repositório central de dados ou serem distribuídos em múltiplos locais (Tan et al, 2009). Escolheu-se armazenar os dados em tabelas relacionadas de um banco de dados, para garantir a integridade dos dados.

A primeira fase é o processo de seleção dos dados, que consiste em reduzir o domínio dos dados que serão analisados a uma amostra que represente fielmente a base de dados, exigindo logo de início uma boa compreensão do domínio da aplicação por parte do responsável pela aplicação do processo KDD (Santana, 2005).

Na etapa seguinte vêm o pré-processamento que visa eliminar do processo as informações consideradas desnecessárias. Os dados são excluídos apenas do processo e não do banco de dados. Adotam-se estratégias para manusear dados faltantes ou inconsistentes, pois se os erros não forem detectados nesse estágio, poderão contribuir para um resultado de baixa qualidade. Nesta fase usou-se a ferramenta Weka (Waikato Environment for Knowledge Analysis) (Frank et al, 2000), que dispõe de uma coleção de algoritmos de aprendizagem de máquina para resolução de problemas de Data Mining, efetuou-se discretização não supervisionada por frequência dos dados.

Na etapa de transformação é feita a localização de características úteis para representar os dados dependendo do objetivo da tarefa, visando a redução do número de

variáveis bem como o enriquecimento semântico das informações.

A seguir vem a etapa de Data Mining. É a etapa do KDD que permite buscar em um grande banco de dados as informações que aparentemente estão implícitas. A maioria dos métodos de Data Mining são baseados em conceitos de aprendizagem de máquina, reconhecimento de padrões, estatística, classificação, clusterização, regras de associação ou modelos gráficos. No final desta etapa é gerado um valor real que é transformado em informação e conhecimento.

A etapa de interpretação e avaliação dos resultados consiste em validar o conhecimento extraído na base de dados, identificar padrões e interpretá-los, transformando-os em conhecimento que possam apoiar nas decisões.

A técnica escolhida para realizar a análise foi o classificador de Bayes Simples ou Naive Bayes, devido aos seguintes fatos, simples e computacionalmente mais eficiente, robusto contra ruídos e dados irrelevantes, assume a independência entre os atributos.

O Teorema de Bayes calcula a probabilidade de diferentes hipóteses à medida que novas evidências são observadas.

$$P(A \cap B) = P(A|B) * P(B) \quad (1)$$

Por outro lado, a probabilidade de que observemos simultaneamente um evento A e um evento B também pode ser dada por:

$$P(B \cap A) = P(A|B) = P(B|A) * P(A) \quad (2)$$

Combinando (1) e (2), temos:

$$P(A|B) * P(B) = P(B|A) * P(A) \quad (3)$$

Rearranjando, chegamos ao teorema de Bayes

$$P(A|B) = \frac{P(B|A) * P(A)}{P(B)} \quad (4)$$

A representa qualquer hipótese cuja probabilidade pode ser afetada por dados (chamada evidência abaixo). Muitas vezes, há hipóteses concorrentes, a partir do qual se escolhe a mais provável.

A evidência B, corresponde a novos dados que não foram utilizados no cálculo da probabilidade anterior.

P(A), a probabilidade a priori, é a probabilidade de A antes de B ser observada. Isso indica sua estimativa anterior da probabilidade de que uma hipótese seja verdadeira, antes de obter a evidência atual.

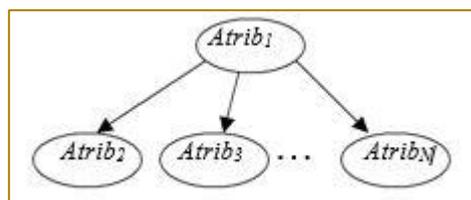
P(A|B) a probabilidade a posteriori, é a probabilidade de A dado B, ou seja, depois de B ser observada. Isto diz-nos o que queremos saber: a probabilidade de uma hipótese dada a evidência observada.

P(B|A) é a probabilidade de observar B dado A. indica a compatibilidade dos elementos com a hipótese dada.

P(B) é às vezes chamado de probabilidade marginal ou "evidência modelo". Este fator é a mesma para todas as hipóteses possíveis que estão sendo considerados. Isto significa que este fator não entra em determinar as probabilidades relativas de diferentes hipóteses.

Na Naive Bayes, todos os atributos da base de dados são considerados independentes entre si, mas sendo dependentes de um determinado nó pai (um dos atributos da base de dados escolhidos como principal, pelo qual todos os outros atributos restantes apresentam uma certa dependência), como pode ser visto na Figura. 2 (Santana, 2005).

Figura 2. Modelo de uma Naive Bayes.



Uma vez considerada a independência entre os eventos, ou seja, não existe nenhuma relação causal entre eles, o cálculo de probabilidade da inferência aplicada na rede é realizado Segundo (5).

$$P(x_i | c_1, c_2, c_3, \dots, c_n) = P(x_i) \prod_{k=1}^n P(c_k | x_i) \quad (5)$$

Na qual tenta-se calcular a probabilidade de um determinado evento ( $x_i$ ) ocorrer baseado na evidência de outros eventos ( $c_1, c_2, \dots, c_n$ ) também ocorrerem (Santana, 2005).

Redes de Bayes são ferramentas poderosas para decisão e raciocínio sob incerteza. Uma forma muito simples de rede Bayes é chamado de classificadores Naive Bayes [21,18,19,20] dedicada à tarefa de classificação. Essas redes são compostas por grafos acíclicos direcionado com uma estrutura única, tem um nó raiz (chamado pai), o que representa o nó de classe, e vários filhos, o que corresponde a atribuir nós. Naive trabalhar sob a forte suposição 'ingênua' de independência entre nós filhos no contexto de seu pai. Assim, na presença de um conjunto de treinamento só devemos calcular probabilidades condicionais de um modo frequência vez que a estrutura é única.

Um grafo  $G$  e um par ordenado  $G = (V, A)$ , onde  $V$  e um conjunto não vazio cujos elementos são chamados vértices ou nós e  $A$  e um conjunto de pares dos vértices de  $V$ , cujos elementos são denominados arestas. Usualmente  $V$  (e consequentemente  $A$ ) é finito, isto é,  $V = \{X_1, X_2, \dots, X_n\}$ . Dois vértices ligados por uma aresta são ditos adjacentes. Duas arestas são adjacentes se compartilham um mesmo vértice. Grafos direcionados possuem uma aresta do conjunto  $A$  é representada como  $(u,v)$ , diz-se que  $v$  é adjacente a  $u$ , e as arestas do tipo  $(u,u)$  são chamadas de self-loops.

### 3. DO CAMPUS UNIVERSITÁRIO - ESTUDO DE CASO

O presente estudo foi desenvolvido a partir da concepção do estudo de caso realizado na Universidade Federal do Pará (UFPA) que possui, atualmente, 40 unidades consumidoras (UC) de energia elétrica, distribuídas no município de Belém e demais Campi, localizados no interior do Estado do Pará. O Campus Prof. José de Silveira Neto,

conhecido como "Campus Universitário do Guamá", localizado na cidade de Belém/PA, às margens do rio Guamá, é identificado pela concessionária de distribuição de energia elétrica local como Unidade Consumidora (UC) 19.

Considerada como a principal UC de energia elétrica da Universidade Federal do Pará, a UC-19 engloba 84 (oitenta e quatro) unidades acadêmicas e/ou administrativas ao longo do Campus Universitário do Guamá e tem o seu fornecimento de energia elétrica em 13.8 kV, através do alimentador Guamá GM-06, proveniente da Subestação Guamá da concessionária de energia local. Todos os seus prédios são atendidos pelos circuitos oriundos da cabine de medição geral, localizada no Campus Básico, onde é instalada a proteção primária geral.

A partir desse ponto de entrega de energia e medição, o atendimento interno é feito em rede de distribuição primária através de quatro alimentadores, sendo dois para o setor básico, um para o setor profissional e um para o setor de saúde. O sistema elétrico é constituído de uma rede predominante aérea protegida compacta (rede compacta – Spacer Cable) e caracteriza-se por uma concepção radial de alimentadores.

O modelo desenvolvido, foi testado na rede elétrica de distribuição do Campus Universitário do Guamá, com o objetivo de identificação de fontes harmônicas e seus impactos no Ponto de Acoplamento Comum entre a concessionária de energia elétrica e o consumidor.

Com o objetivo de atender à necessidade de distribuição de energia elétrica, foram instalados quatro alimentadores (AL) para energizar todo o Campus Universitário do Guamá, identificados como AL-01, AL-02, AL-03 e AL-04, distribuídos entre os Campi Básico 1, Básico 2, Profissional e Saúde.

A cabine de medição geral destes alimentadores possui um sistema de seccionamento e proteção para o alimentador, constituído de uma chave seccionadora sob a carga instalada a montante de um disjuntor a vácuo, acionado, remotamente, a partir de uma sala destinada ao sistema de proteção, o qual é constituído por um rele digital multifunção. Na Tabela 2, demonstra-se as especificidades de cada um dos alimentadores.

Tabela 2 - Os Alimentadores da Universidade Federal do Pará

ALIMENTADOR	COMPRIMENTO	LOCALIZAÇÃO	Nº UNIDADES ATENDIDAS	POTÊNCIA (KVA)
AL – 01	1.682,56 m	CAMPUS BÁSICO 1	30	5.587,50
AL – 02	1269,19 m	CAMPUS BÁSICO 2	13	3.775
AL – 03	2.055 m	CAMPUS PROFISSIONAL	26	5.950
AL – 04	2.959,53 m	CAMPUS SAÚDE	15	3.012,50

Nestes pontos, foram instalados 4 medidores de qualidade de energia HIOKI PW3198, conforme está evidenciado na Tabela 2.

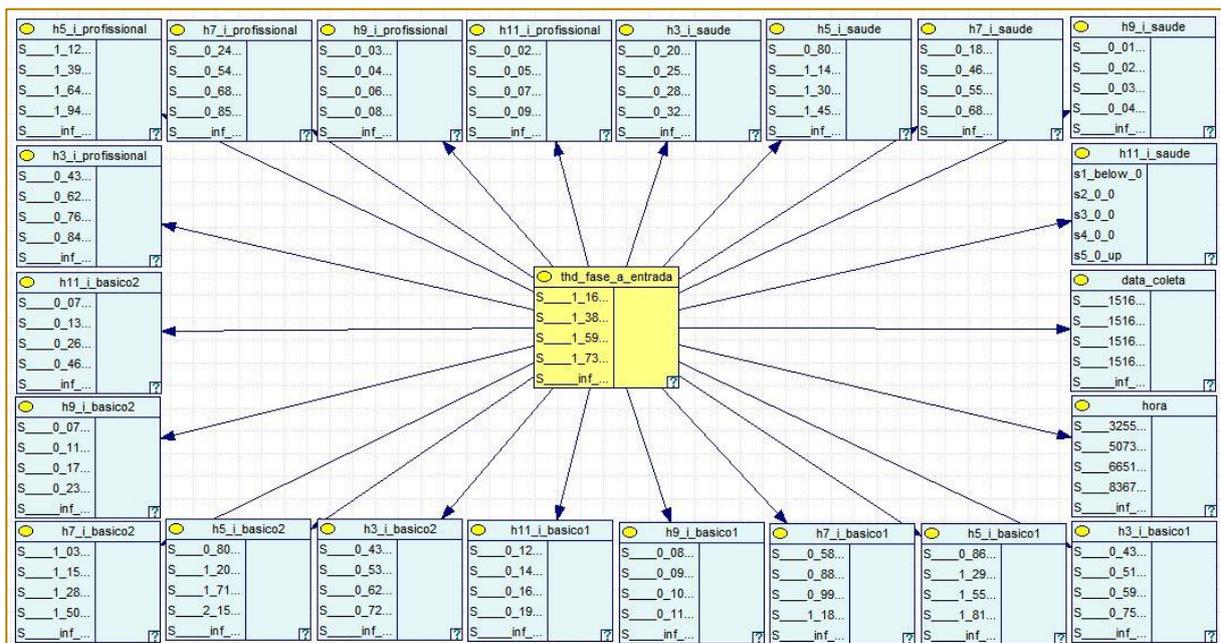
Os dados foram coletados nesta universidade a qual está dividida em campus conforme descrito na tabela 2 com seus prédios, laboratórios e demais instalações que geram os impactos de distorções harmônicas na rede, um dos grandes problemas analisado.

As coletas de dados escolhidos foram realizadas seguintes pontos conforme descrito na tabela 02. Nestes pontos, foram instalados 5 medidores de qualidade de energia HIOKI PW3198.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Figura 3 mostra a Naive Bayes criada com os dados provenientes da campanha de medição realizada nas instalações da indústria, cujas grandezas registradas foram: taxa de distorção harmônica total de tensão (THDv) do secundário do transformador de entrada, correntes harmônicas de ordem 3<sup>o</sup>, 5<sup>o</sup>, 7<sup>o</sup> e 9<sup>o</sup> dos campi Básico 1, Básico 2, Profissional e Saúde.

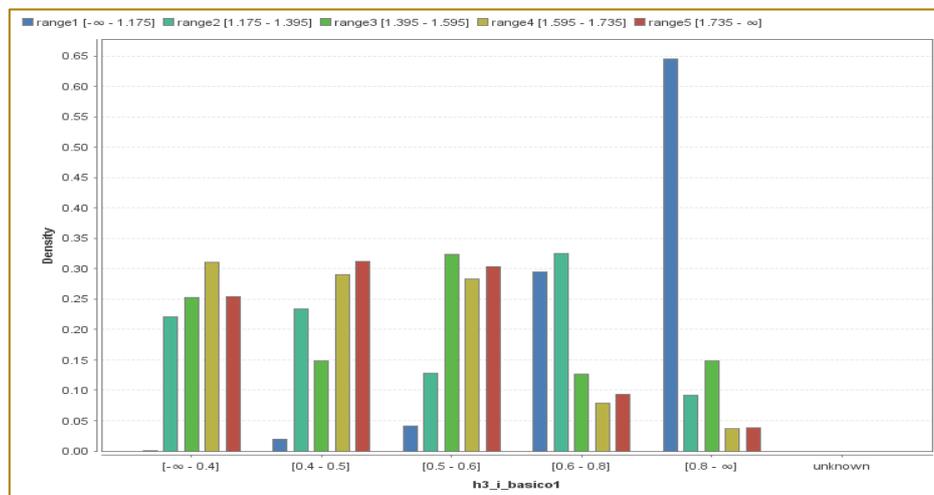
Figura 3. Naive Bayes.



Analisando as probabilidades obtidas com a criação da rede mostrada na Figura 4, observou-se que as correntes harmônicas de ordem 3<sup>o</sup> e 5<sup>o</sup> do básico 1, as correntes harmônicas de ordem 5<sup>o</sup> e 7<sup>o</sup> do básico 2, as correntes harmônicas de ordem 5<sup>o</sup> e 7<sup>o</sup> do profissional, e as correntes harmônica de ordem 5<sup>o</sup>, 7<sup>o</sup> da saúde, apresentaram probabilidades (60% ou maiores) associadas ao crescimento dos valores de THDv de tensão da entrada.

Analisando a Figura 4, que mostra a densidade de probabilidade de ocorrência dos cinco intervalos discretizados do THDv em relação a corrente do 3<sup>o</sup> harmônico do basico1, pode-se verificar que há uma probabilidade de quase 64,5% do THDv apresentar um valor igual ou maior que 1,175% quando a corrente do 3<sup>o</sup> harmônico do basico1 apresentar um valor igual ou maior que 0,8%, conforme mostra a Figura 4 a seguir.

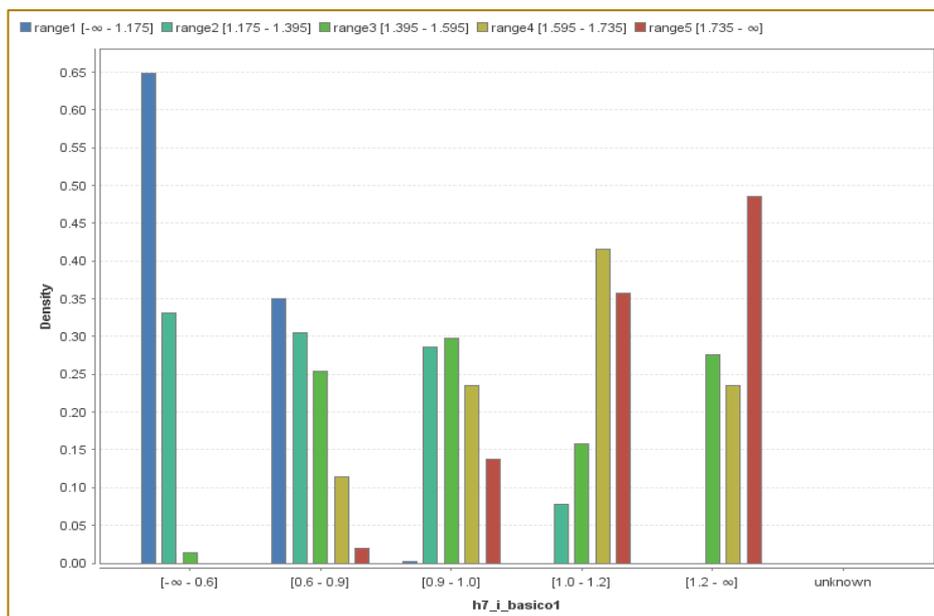
Figura 4. Densidade de probabilidade dos intervalos discretizados do THDv em relação a corrente do 3<sup>o</sup> harmônico.



Analisando a Figura 5 mostra a densidade de probabilidade de ocorrência dos cinco intervalos discretizados do THDv em relação a corrente do 7<sup>o</sup> harmônico do basico1, pode-se verificar que há uma probabilidade de quase

64,8% do THDv apresentar um valor igual ou maior que 1,175% quando a corrente do 7<sup>o</sup> harmônico do basico1 apresentar um valor igual ou maior que 0,6%, conforme mostra a Figura 5 a seguir.

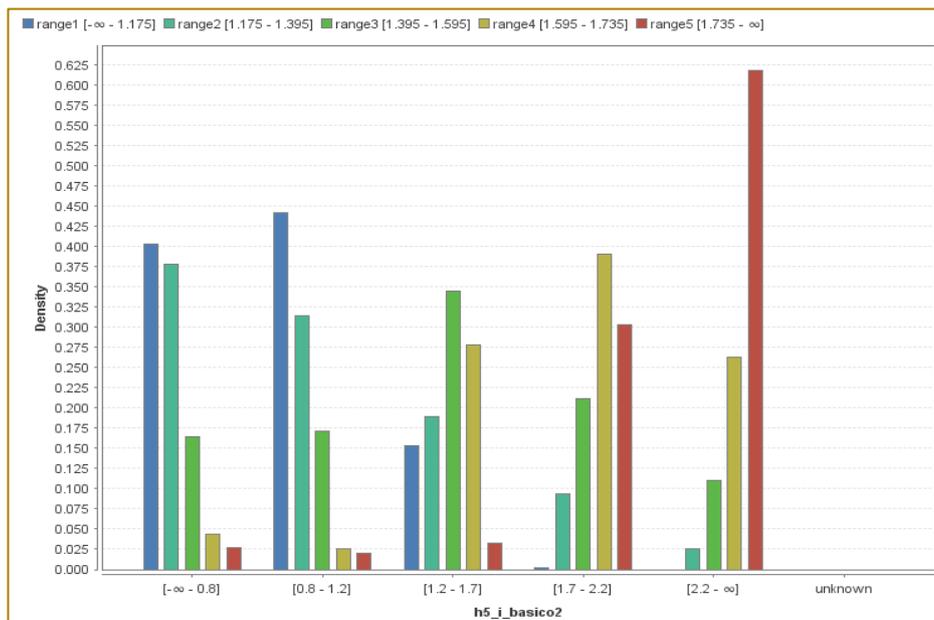
Figura 5. Densidade de probabilidade dos intervalos discretizados do THDv em relação a corrente do 7º harmônico.



Analisando a Figura 6, que mostra a densidade de probabilidade de ocorrência dos cinco intervalos discretizados do THDv em relação a corrente do 5º harmônico do basico1, pode-se verificar que há uma probabilidade de quase 61,8% do THDv

apresentar um valor igual ou maior que 1,735% quando a corrente do 5º harmônico do basico2 apresentar um valor igual ou maior que 2,2%, conforme mostra a Figura 6 a seguir.

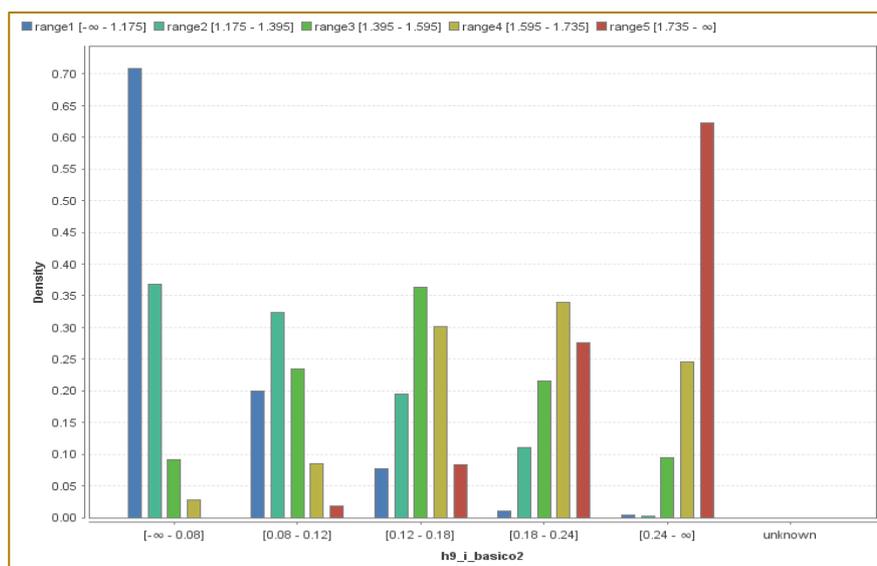
Figura 6. Densidade de probabilidade dos intervalos discretizados do THDv em relação a corrente do 5º harmônico.



Analisando a Figura 7, que mostra a densidade de probabilidade de ocorrência dos cinco intervalos discretizados do THDv em relação a corrente do 9º harmônico do basico2, pode-se verificar que há uma probabilidade de quase 70,9% do THDv

apresentar um valor igual ou maior que 1,175% quando a corrente do 9º harmônico do basico2 apresentar um valor igual ou maior que 0,08%, conforme mostra a Figura 7 a seguir.

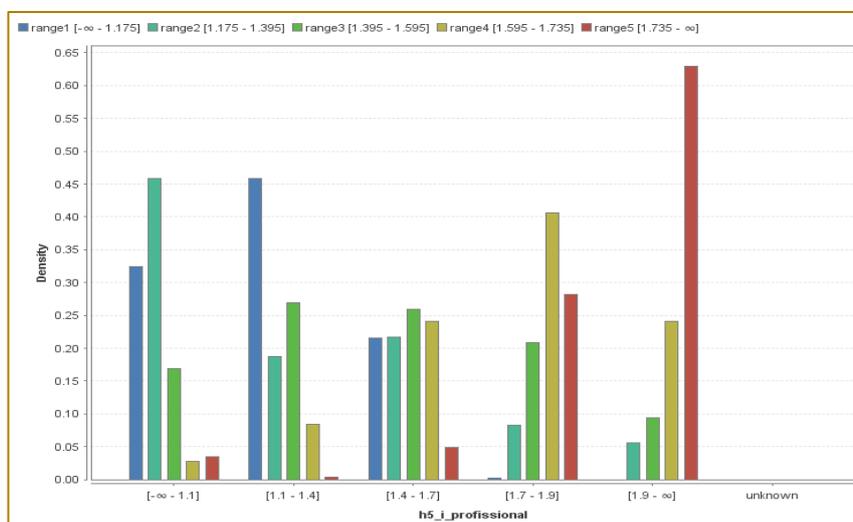
Figura 7. Densidade de probabilidade dos intervalos discretizados do THDv em relação a corrente do 9º harmônico.



Analisando a Figura 8, que mostra a densidade de probabilidade de ocorrência dos cinco intervalos discretizados do THDv em relação a corrente do 5º harmônico do profissional, pode-se verificar que há uma probabilidade de quase 62,9% do THDv

apresentar um valor igual ou maior que 1,735% quando a corrente do 5º harmônico do profissional apresentar um valor igual ou maior que 1,9%, conforme mostra a Figura 8 a seguir.

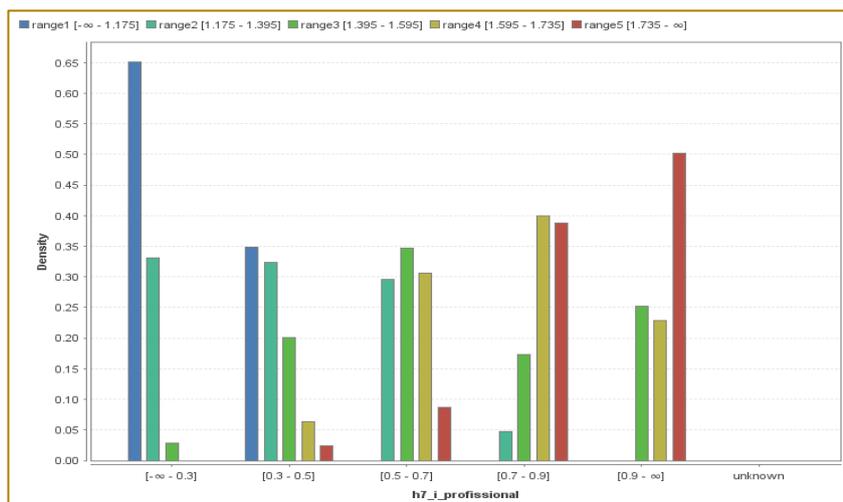
Figura 8. Densidade de probabilidade dos intervalos discretizados do THDv em relação a corrente do 5º harmônico.



Analisando a Figura 9, que mostra a densidade de probabilidade de ocorrência dos cinco intervalos discretizados do THDv em relação a corrente do 7º harmônico do profissional, pode-se verificar que há uma probabilidade de quase 65,1% do THDv

apresentar um valor igual ou maior que 1,175% quando a corrente do 7º harmônico do profissional apresentar um valor igual ou maior que 0,3%, conforme mostra a Figura 9 a seguir.

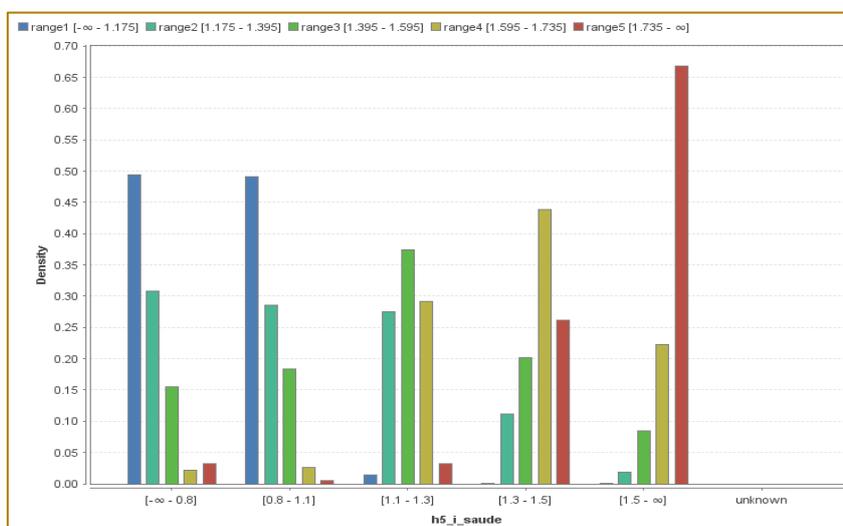
Figura 9. Densidade de probabilidade dos intervalos discretizados do THDv em relação a corrente do 7º harmônico.



Analisando a Figura 10 mostra a densidade de probabilidade de ocorrência dos cinco intervalos discretizados do THDv em relação a corrente do 5º harmônico da saúde, pode-se verificar que há uma probabilidade de quase

66,8% do THDv apresentar um valor igual ou maior que 1,735% quando a corrente do 5º harmônico da saúde apresentar um valor igual ou maior que 1,5%, conforme mostra a Figura 10 a seguir.

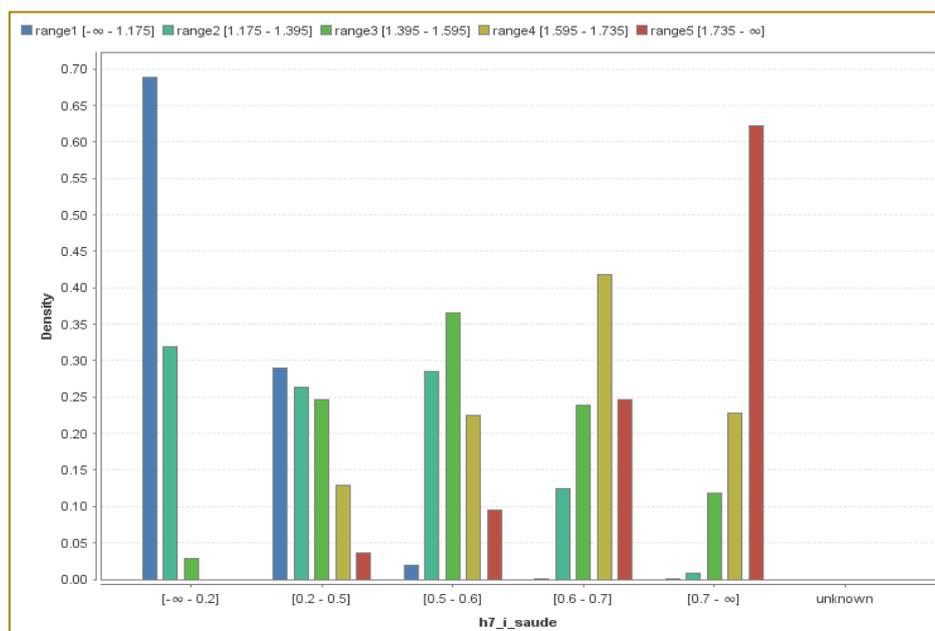
Figura 10. Densidade de probabilidade dos intervalos discretizados do THDv em relação a corrente do 5º harmônico.



Analisando a Figura 11, que mostra a densidade de probabilidade de ocorrência dos cinco intervalos discretizados do THDv em relação a corrente do 7º harmônico da saúde, pode-se verificar que há uma probabilidade de quase 66,9% do THDv

apresentar um valor igual ou maior que 1,175% quando a corrente do 7º harmônico da saúde apresentar um valor igual ou maior que 0,2%, conforme mostra a Figura 11 a seguir.

Figura 11. Densidade de probabilidade dos intervalos discretizados do THDv em relação a corrente do 7º harmônico.



## 5 CITAÇÕES

O trabalho desenvolvido por (Silva et.al,2014) analisa os harmônicos presentes em um parque industrial utilizando técnicas de mineração de dados.

Já (Nogueira, 2015), aborda a Qualidade da Energia Elétrica (QEE) como constantemente alvo de vários estudos, principalmente os que estão relacionados com o setor de produção industrial, onde estão concentradas grandes cargas dos sistemas elétricos. Com a evolução dos processos de produção industrial e a inserção de novas tecnologias no setor industrial, foram adicionadas grandes quantidades de equipamentos eletrônicos que são fontes geradoras de perturbações nos sistemas, e que alteram a qualidade do produto “energia elétrica”.

## 6 CONCLUSÃO

O estudo realizado utilizando a técnica de Mineração de Dados (Naive Bayes) em uma base discretizada por frequência obteve-se as

seguintes conclusões: as harmônicas de ordem 3ª e 7ª do básico 1 apresentaram os respectivos percentuais, 64,5% e 64,8%; básico 2 as harmônicas de ordem 5ª e 9ª apresentaram os percentuais de 61,8% e 70,9% respectivamente; no profissional as harmônicas de ordem 5ª e 7ª apresentaram os percentuais de 62,9%, 65,1%; saúde 5ª, 7ª apresentaram os percentuais de 66,8% e 66,9% nesta ordem. Desta forma as harmônicas que mais contribuíram para o aumento da distorção harmônica foram encontradas no básico 2 e saúde, que apresentam cargas não lineares gerando um desequilíbrio entre as fases. No contexto geral a 7ª harmônica foi a que maior influência teve no impacto harmônico, o que reforça a preocupação das recomendações das normas internacionais e o PRODIST (ANEEL, Modulo 8, 2018) no módulo 8 o qual referência a qualidade de energia em sistemas elétricos.

## AGRADECIMENTOS

A Universidade Federal do Pará - UFPA, ao Instituto de Tecnologia Galileo da Amazônia – ITEGAM pelo suporte durante a pesquisa.

## REFERÊNCIAS

- [1] Oliveira, C. G. et al. Estudo de caso de eficiência energética e qualidade de energia elétrica. 6p. Anais do VIII Induscon Conferência Internacional de Aplicações Industriais, Poços de Caldas/MG, 2008.
- [2] Tostes, M.E.L., “Avaliação dos impactos causados pela geração de harmônicos na rede de distribuição em Consumidores em baixa tensão”. Tese de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica do Instituto de Tecnologia da Universidade Federal do Pará (ITEC-UFPA). 2003.
- [3] ARRILAGA J and N.R. Watson, Power Systems Harmonics, Wiley, 2nd Edition, 2003.
- [4] DUGAN. ROGER C. MARK F. MCGRANAGHAN, SURYA SANTOSO, H. WAYNE BEATY. Electrical Power Systems Quality. Second Edition. McGraw-Hill. USA. 2004.
- [5] IEEE Standard 519-1992 (Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in electrical Power Systems). 1992.
- [6] IEC61000-2-2 Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 2-2: Environment - Compatibility levels for low-frequency conducted disturbances and signalling in public low-voltage power supply systems
- [7] IEC (IEC 61000-4-7, 61000-4-30) International Electrotechnical Commission.
- [8] IEC 61000-4-30 Ed. 2.0 b:2008 Electromagnetic Compatibility - Part
- [9] ANEEL. Módulo 8 – Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST. 2010.
- [10] R. Dugan, M. McGranaghan, H. Wayne, “Electrical Power Systems Quality”, 265 pp., McGraw-Hill, New York, USA. 1999.
- [11] IEEE Task Force on Effects of Harmonics on Equipment: “Effects of Harmonics on Equipment”, IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 8, n.º 2, pp. 672-680, April 1993.
- [12] E. Frank, M. Hall, and L. Trigg, “Weka 3-Data Mining with Open Source Machine Learning Software in Java,” The University of Waikato, 2000.
- [13] H. Bakhta et all. Naïve possibilistic network classifiers, Fuzzy Sets and Systems 160 ScienceDirect (2009) 3224–3238.
- [14] TAN, Pang-Ning; STEINBACH, Michael; KUMAR, Vipin Introdução ao DATAMINING Mineração de Dados Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna Ltda., 2009.
- [15] P. Langley, W. Iba, K. Thompson, An analysis of Bayesian classifiers, in: Proc. AAAI-92, 1992, pp. 223–228.
- [16] P. Langley, S. Sage, Induction of selective Bayesian classifiers, in: Proc. 10th Conf. on Uncertainty in Artificial Intelligence UAI-94, 1994, pp.399–406.
- [17] D. Grossman, P. Dominigos, Learning Bayesian maximizing conditional likelihood, in: Proc. on Machine Learning, Canada, 2004, pp. 46–57.
- [18] R. Duda, P. Hart, Pattern Classification and Scene Analysis, Wiley, New York, 1973.
- [19] SANTANA, Ádamo Lima de. Projeto e Implementação de um Sistema de Suporte à Decisão Para o Observatório de Saúde da Amazônia. 2005. Dissertação Mestrado em Engenharia Elétrica - Universidade Federal do Pará, Instituto de Tecnologia, Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica, Belém.
- [20] Nogueira, Rildo de Mendonça et al. Análise dos impactos harmônicos em uma indústria de manufatura de eletroeletrônicos utilizando árvores de decisão. 2015.
- [21] Silva, Waterloo Ferreira da, et al. "Naive Bayes applied impacts harmonic analysis in industrial electrical systems." Available online at [www.itegam-jetia.org](http://www.itegam-jetia.org) (2014): 45.

# Capítulo 13

## *A APLICAÇÃO DE SISTEMAS CIBER-FÍSICOS (CPS) EM SISTEMAS DE MANUFATURA: UM ESTUDO BIBLIOMÉTRICO*

*Maiara Amanda Vieira*

*Fernando Mercuri Nicola*

*Milton Vieira Junior*

*Alexandre Tadeu Simon*

*Ivan Correr*

**Resumo:** A produção industrial do futuro será caracterizada pela forte individualização de produtos sob as condições de produção altamente flexíveis. Neste contexto surge o conceito da Indústria 4.0, que abrange as mais recentes inovações tecnológicas nos campos da automação em conjunto com a tecnologia da informação. Uma destas inovações são os sistemas ciber-físicos (CPS) que possibilitam a integração com os sistemas de manufatura, visando a tomada de decisões inteligentes por meio de comunicação e cooperação em tempo real com humanos, sensores, máquinas e processos. Nesse contexto, o presente artigo tem como objetivo apresentar um estudo bibliométrico relacionado a aplicação de sistemas ciber-físicos (CPS) nos sistemas de manufatura nos últimos 10 anos (2008-2018), visando identificar os principais autores, pesquisas e países que estudam e relacionam o tema. A pesquisa foi realizada utilizando as bases de dados Scopus, Web of Science e Science Direct. Com os resultados obtidos, relacionados à quantidade de publicações por autor, citações dos artigos, publicações por instituição, citações por países e publicações em revistas científicas, pode-se concluir que o tema abordado tem crescido anualmente e se tornado de grande relevância para o surgimento e desenvolvimento de novas aplicações com o uso de sistemas ciber-físicos em sistemas de manufatura, conceito este relacionado ao da manufatura inteligente, escopo da indústria 4.0.

**Palavras-Chave:** Sistemas ciber-físicos (CPS); Sistemas de manufatura; Estudo bibliométrico.

## 1. INTRODUÇÃO

No contexto de produção industrial voltada ao futuro e suas respectivas tecnologias em constante aprimoramento, surge o conceito da Indústria 4.0. Este conceito industrial abrange as mais recentes inovações tecnológicas nos campos da automação em conjunto com a tecnologia da informação, sendo posteriormente aplicadas nos processos de manufatura (KAGERMANN et al., 2016).

Na era da Indústria 4.0, os sistemas de manufatura são capazes de monitorar processos físicos, criar o chamado "gêmeo digital", também conhecido como Sistema Ciber-Físico (CPS – Cyber-Physical System) e tomar decisões inteligentes por meio de comunicação e cooperação em tempo real com humanos, máquinas, sensores e assim por diante (RAJKUMAR et al., 2010; WANG et al., 2016).

Através dos CPS muitos identificam a oportunidade para a quarta revolução industrial. A primeira revolução industrial contribuiu para o primeiro tear mecânico, de 1764, a segunda para a montagem da Ford, de 1913 e a terceira para o primeiro PLC em 1968. Prevê-se que o CPS possa trazer um grande salto semelhante às invenções inovadoras anteriormente mencionadas (KAGERMANN et al., 2016).

No que diz respeito aos sistemas de manufatura, a produção industrial do futuro será caracterizada pela forte individualização de produtos sob as condições de produção altamente flexíveis (grandes séries), a extensa integração de clientes e parceiros de negócios nos processos de negócios e de valor agregado, e a ligação entre produção e alta qualidade. Serviços de qualidade que

levam aos chamados produtos híbridos (MEJJAULI et al., 2014; KAGERMANN et al., 2016).

Nesse contexto, o presente artigo tem como objetivo apresentar um estudo bibliométrico relacionado a aplicação de sistemas ciber-físicos (CPS) nos sistemas de manufatura nos últimos 10 anos (2008-2018), visando identificar os principais autores, pesquisas e países que relacionam este tema.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1. INDÚSTRIA 4.0

Com a exigência de padrões de qualidade nos processos e produtos, somada à crescente demanda e às inovações tecnológicas advindas do que já se considera a quarta revolução industrial, surge a necessidade de controles autônomos de produção, diminuindo a chance de erro humano e acelerando todo o processo da cadeia produtiva (YU et al., 2011).

A indústria está no limiar da quarta revolução industrial. Impulsionados pela internet, os mundos real e virtual estão se aproximando cada vez mais para formar a Internet das Coisas (MONOSTORI, 2016).

A indústria 4.0 combina tecnologias integradas de sistemas de produção com processos de produção inteligentes, preparando o caminho para uma nova era tecnológica que transformará fundamentalmente as cadeias de valor da indústria, as cadeias de valor da produção e os modelos de negócios (ZHONG, 2017). A Figura 1 apresenta o conceito de integração da indústria 4.0.

Figura 1 - Conceito de integração da Indústria 4.0



Fonte: Adaptado de Bauernhansl (2013)

Segundo Shen (1999), a indústria 4.0 consiste em manufatura de nível inteligente conseguindo assim, aproveitar as informações tecnológicas avançadas e a tecnologia na fabricação, obtendo então um processo de fabricação inteligente, configurável e flexível, atendendo um mercado global.

Kagermann et al. (2013) afirma que a quarta revolução afeta principalmente a indústria manufatureira, proporcionando novos produtos, tomadas de decisões otimizadas e capacidade de atendimento individual de clientes.

Para acompanhar este desenvolvimento industrial, os sistemas de manufatura têm de ser reconfigurados para que sejam capazes de absorver as informações e aplicá-las nos processos de fabricação, tornando-os flexíveis, adaptáveis e inteligentes a fim de atender o novo formato dinâmico e global de mercado consumidor. Essa estratégia foi planejada para oferecer um novo potencial à indústria manufatureira, como atender aos requisitos individuais dos clientes, otimizar a tomada de decisões e agregar novas capacidades aos produtos (CONTRERAS et al. 2017).

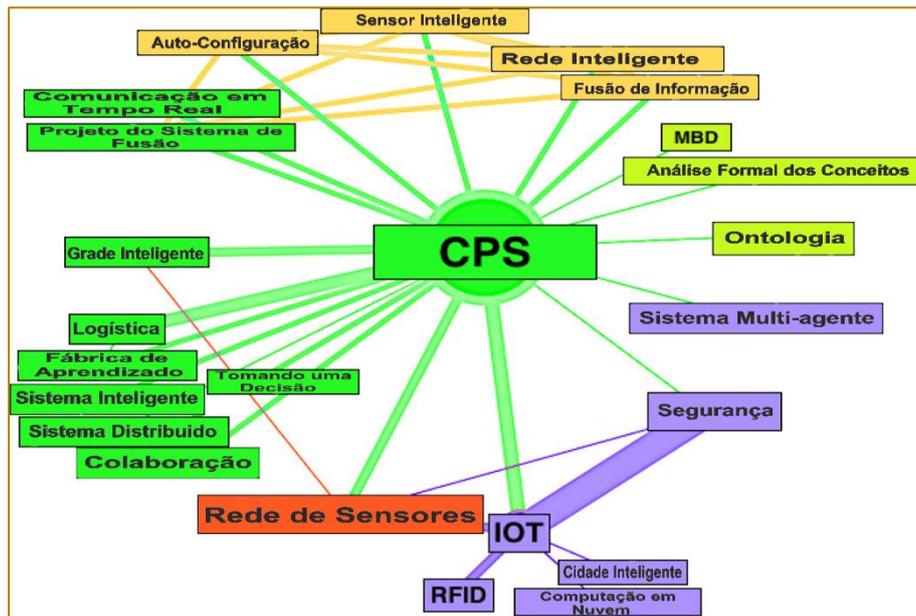
## 2.2. CPS (SISTEMAS CIBER-FÍSICOS)

Muitos pesquisadores apontam as origens do CPS para os sistemas embarcados, que são definidos como um sistema de computador dentro de algum sistema mecânico ou elétrico, destinado a executar funções específicas dedicadas com restrições de computação em tempo real. De acordo com essa concepção, no CPS, vários dispositivos embarcados são ligados em rede para detectar, monitorar e atuar elementos físicos no mundo real (PARK et al., 2012).

O CPS pode ser geralmente caracterizado como "sistemas físicos de engenharia cujas operações são monitoradas, controladas, coordenadas e integradas por um núcleo de computação e comunicação (RAJUKMAR et al., 2011).

Lee (2015) afirma que o CPS é a intersecção, não a união, do físico com o ciberespaço. Não é possível entendê-los separadamente, mas sim sua interação. O potencial do CPS para mudar todos os aspectos da vida é enorme. Conceitos como carros autônomos, cirurgia robótica, edifícios inteligentes, rede elétrica inteligente, manufatura inteligente e dispositivos médicos implantados são apenas alguns exemplos práticos que já surgiram (NIST, 2013). A Figura 2 apresenta a intersecção do espaço físico com o cibernético.

Figura 2 – Intersecção do espaço físico com o cibernético



Fonte: Adaptado de Monostori et al. (2016)

Dentro das redes de fornecimento global, máquinas, sistemas de armazenamento e instalações de produção incorporarão a forma do CPS. Esses sistemas trocarão informações de forma autônoma, desencadeando ações e controlando-se independentemente dentro de uma fábrica inteligente (ZÜHLKE, 2010).

Nos sistemas produtivos, apresenta-se o conceito dos sistemas de produção ciber-físicos – CPPS (Cyber-Physical Production Systems), que consistem de elementos e subsistemas autônomos e cooperativos que são conectados com base no contexto dentro e em todos os níveis de produção, desde os processos, passando pelas máquinas, até as redes de produção e logística (MONOSTORI et al., 2016).

Três características principais dos sistemas produtivos ciber-físicos devem ser sublinhadas aqui: Inteligência, ou seja, os elementos são capazes de adquirir informações de seu entorno e agir de forma autônoma; Conectividade, ou seja, a capacidade de configurar e usar conexões com os outros elementos do sistema - incluindo seres humanos - para cooperação e colaboração, para o conhecimento e serviços disponíveis na Internet; Capacidade de resposta às mudanças internas e externas (MONOSTORI et al., 2016).

A camada de dispositivos físicos cibernéticos, quando adequadamente implementados e com a redundância necessária, é capaz de

fornecer controle de status através dos sensores e fornecer ajustes a qualquer estágio das operações de fabricação através dos atuadores (BABICEANU et al., 2016).

### 2.3 SISTEMAS DE MANUFATURA

No que diz respeito aos sistemas de manufatura, a aplicação do CPS visa a busca da manufatura inteligente com o objetivo de otimizar a produção e as transações de produtos, fazendo pleno uso de informações avançadas e tecnologias de fabricação (HOFFMEISTER, 2017).

Pesquisadores apresentam uma tendência para Sistemas de Manufatura Ciber-Físico – M.CPS (Manufacturing Cyber-Physical Systems) que visam lidar com as operações reais no mundo físico e, ao mesmo tempo, monitorá-las no mundo cibernético com a ajuda de modelos avançados de processamento, simulação de dados dos processos de fabricação e dos níveis operacionais do sistema (BABICEANU et al., 2015).

O domínio de manufatura é conduzido por eventos e, muitas vezes, esses eventos são coletados por meio de sensores e / ou executados por atuadores. Qualquer ação, atividade ou alteração de parâmetro monitorado, que influencia o status operacional de um processo ou sistema de

fabricação, é visto como um evento (BABICEANU et al., 2016).

Nos últimos anos, com os avanços nas tecnologias de sensores e comunicação, há um aumento no volume de pesquisas nas áreas de Internet das Coisas (IoT) e sistemas ciber-físicos voltados para sistemas de manufatura (HOFFMEISTER, 2017).

### 3. METODOLOGIA DO DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

Para o desenvolvimento da pesquisa, foi utilizado um estudo bibliométrico que foi introduzido como uma técnica de análise por Pritchard em 1969, que possibilita um diagnóstico quantitativo da literatura (SUN, WANG, HO, 2012).

Segundo Small (2003) e Gumpenberger e Gorraiz (2012), o estudo bibliométrico tem como intuito medir e monitorar a produção científica em diversas áreas, com o objetivo

de aumentar o desempenho de pesquisas e avaliar suas tendências, pesquisando características como: autoria, fontes de pesquisa, temas, origens geográficas, citações e cocitações.

A metodologia adotada para a realização do presente artigo foi composta por três etapas: busca dos artigos, análise dos artigos e síntese dos resultados, tendo em vista identificar as pesquisas que relacionam a aplicação dos sistemas ciber-físicos nos sistemas de manufatura.

Para a busca e seleção dos artigos, foi desenvolvido e aplicado um protocolo de pesquisa, a fim de definir os critérios de inclusão e exclusão dos textos a serem utilizados no estudo bibliométrico. A busca dos artigos foi finalizada no dia 01/04/2018. O Quadro 1 apresenta o protocolo de pesquisa utilizado.

Quadro 1 – Protocolo de pesquisa

Critérios	Descrição
Base de dados	Scopus, Web Of Sciece, Science Direct
Palavras-chave	"cyber-physical systems" AND "manufacturing systems" OR "cyber-physcal production systems" AND "manufacturing systems"
Contém palavras-chave	Título, Resumo, Palavras-chave
Período	2008-2018
Área	Engenharia
Tipo de material	Artigo
Tipo de pesquisa	Revistas
Língua	Inglês

Fonte: Os autores

### 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir da busca dos artigos utilizando os critérios de inclusão e exclusão definidos no protocolo de pesquisa, foi obtida a seguinte

quantidade de artigos nas bases de dados pesquisadas (Quadro 2).

Quadro 2 - Quantidade de artigos encontrados nos bancos de dados

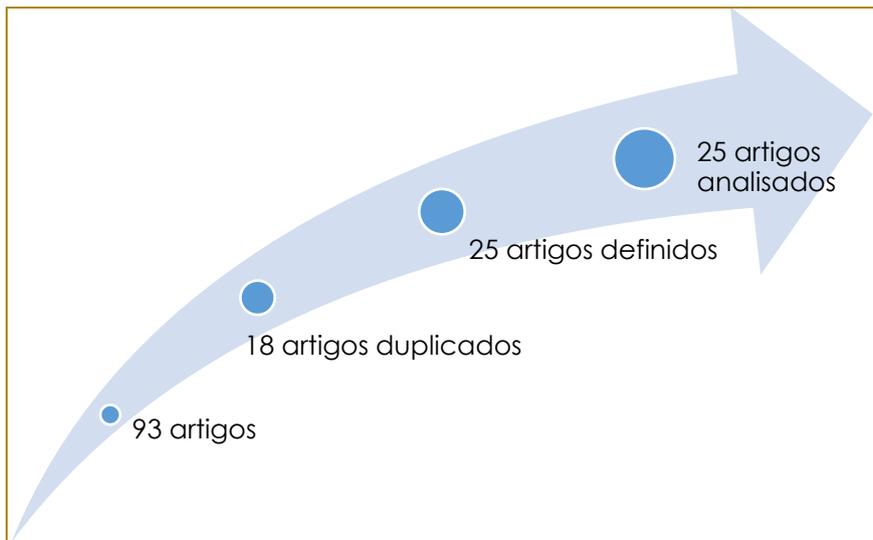
Base de dados	Descrição
Scopus	63
Web Of Science	20
Science Direct	10
Total	93

Fonte: Os autores

Dentre os 93 artigos pesquisados e selecionados, 18 artigos estavam duplicados. Após a leitura do título, resumo e palavras-chave dos artigos, realizada por 2 pesquisadores envolvidos, foram definidos

que 25 estavam alinhados com o tema e foram considerados relevantes para o estudo. O processo desta seleção é apresentado na Figura 3.

Figura 3 – Processo de seleção dos artigos

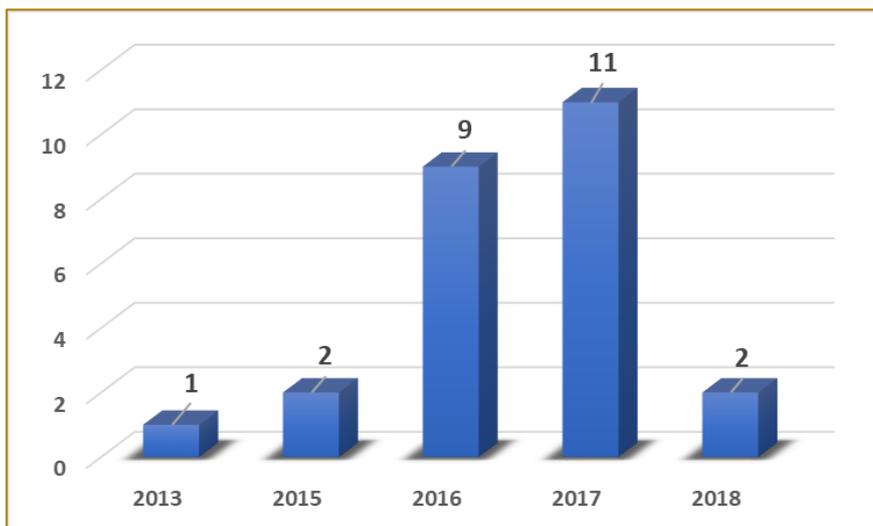


Fonte: Os autores

A Figura 4 apresenta a evolução das pesquisas sobre o tema de 2008 até 2018 (considerando os 25 artigos selecionados). Observa-se que a maioria dos estudos são recentes, estão sendo publicados nos últimos 5 anos (2013 a 2018).

Deve-se ressaltar que a quantidade de artigos no período de 2018 está relacionada apenas às pesquisas publicadas até o dia 01/04/2018 (período da busca de artigos), por isso este decréscimo de publicações deve ser desconsiderado para a análise.

Figura 4 – Quantidade de artigos publicados por ano

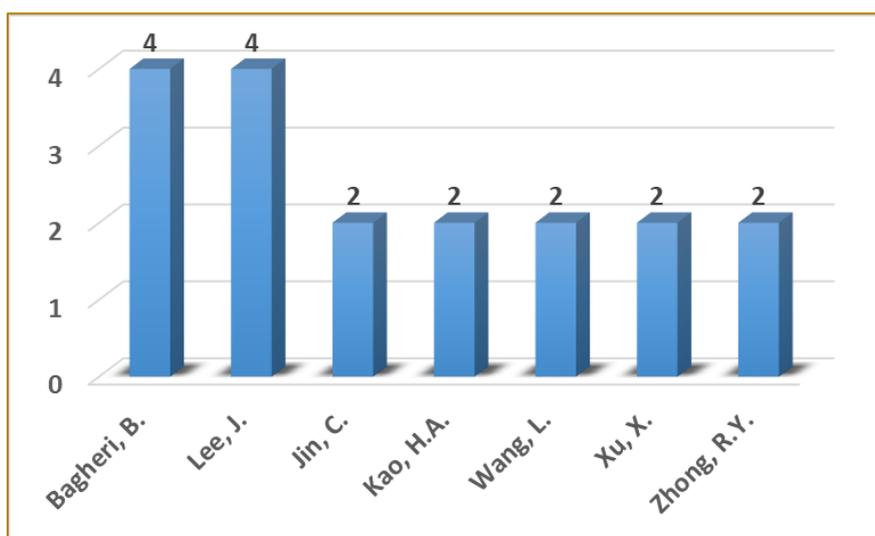


Fonte: Os autores

Como pode ser observado também, é possível identificar um crescimento das pesquisas sobre o tema ano a ano, o que demonstra um interesse cada vez maior dos autores e pesquisadores sobre o assunto. O aumento no número de publicações tem sido influenciado principalmente pelo maior interesse nas pesquisas relacionadas aos conceitos de Indústria 4.0.

A Figura 5 apresenta os autores que mais publicam sobre o assunto, e, como pode-se observar, os pesquisadores Behrad Bagheri e Jay Lee são os que apresentam o maior número de publicações de artigos (quatro) e cinco autores possuem dois artigos publicados. Deve ser ressaltado que outros setenta e um autores publicaram um artigo sobre o tema.

Figura 5 – Quantidade de publicações por autores



Fonte: Os autores

Este resultado dissolvido de autoria dos artigos relacionados ao tema, deve-se principalmente ao crescimento e interesse nos últimos anos dos autores sobre o assunto pesquisado. Como o assunto ainda é novo, não se destaca ainda uma base de autores de referência sobre o tema, o que pode vir a acontecer em um futuro próximo com os avanços nas pesquisas relacionadas aos sistemas ciber-físicos em ambientes de manufatura.

O Quadro 3 apresenta a lista dos 10 artigos com maior número de citações. Como pode-

se observar, o artigo “A Cyber-Physical Systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems” publicado em 2015, aparece em primeiro lugar com 384 citações. O segundo artigo mais citado foi “Recent advances and trends in predictive manufacturing systems in big data environment” publicado em 2013, com 151 citações. O número de citações de cada artigo foi obtido através das bases de dados pesquisadas até o dia 01/04/2018.

Quadro 3 – Quantidade de citações dos artigos

Autores	Título do artigo	Ano da Publicação	Citações
Lee J., Bagheri B., Kao H.-A.	A Cyber-Physical Systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems	2015	384
Lee J., Lapira E., Bagheri B., Kao H.-A.	Recent advances and trends in predictive manufacturing systems in big data environment	2013	151
Monostori L., Kadar B., Bauernhansl T., Kondoh S., Kumara S.,	Cyber-physical systems in manufacturing	2016	81
Babiceanu R.F., Seker R.	Big Data and virtualization for manufacturing cyber-physical systems: A survey of the current status and future outlook	2016	24
Lee J., Bagheri B., Jin C.	Introduction to cyber manufacturing	2016	19
Harrison R. Vera D., Ahmad B.	Engineering Methods and Tools for Cyber-Physical Automation Systems	2016	16
Thramboulidis K., Christoulakis F.	UML4IoT—A UML-based approach to exploit IoT in cyber-physical manufacturing systems	2016	12
Iaroyvi S., Mohammed W.M., Lobov A., Ferrer B.R., Lastra J.L.M.	Cyber-Physical Systems for Open-Knowledge-Driven Manufacturing Execution Systems	2016	10
Yao X., Lin Y.	Emerging manufacturing paradigm shifts for the incoming industrial revolution	2016	9
Garetti M., Fumagalli L., Negri E.	Role of ontologies for cps implementation in manufacturing	2015	9

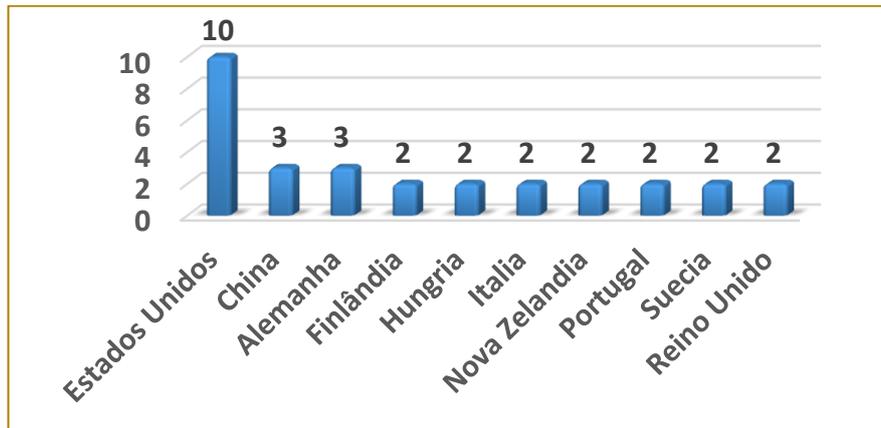
Fonte: Os autores

Como pode-se observar, dos dez artigos com maior número de citações destacam-se os autores Behard Bagheri e Jay Lee, que dos quatro artigos publicados, três destes estão entre os mais citados. Esta situação, apresenta uma clara tendência destes autores como referência do tema estudado.

Em relação a quantidade de autores dos países que mais publicaram (Figura 6) e o ranking das instituições com maior número de

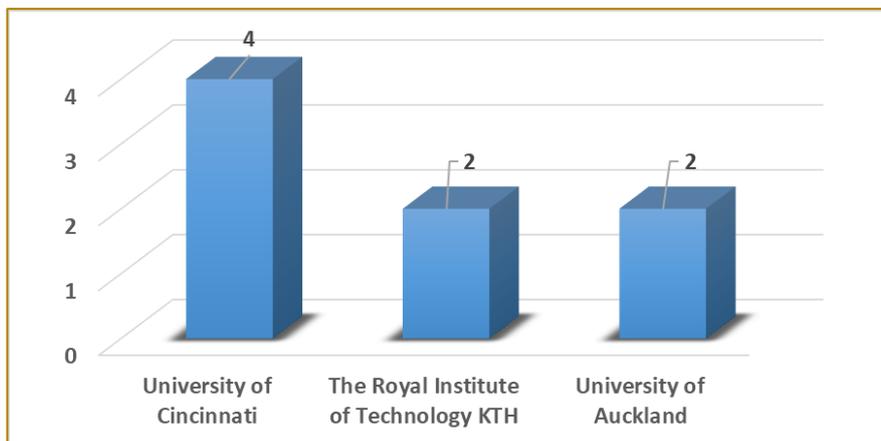
publicações (Figura 7), destacam-se os Estados Unidos com 10 autores que publicaram sobre o tema, e em relação as instituições destacam-se a Universty of Cincinnati com 4 publicações, e com 2 publicações cada a The Royal Institute Of Technology e a Universty Of Auckland. Deve ser ressaltado que outros setes países possuem um autor sobre o tema e que outras quarenta e duas instituições publicaram um artigo sobre o tema.

Figura 6 – Quantidade de publicações de autores por países



Fonte: Os autores

Figura 7 – Quantidade de publicações por instituições



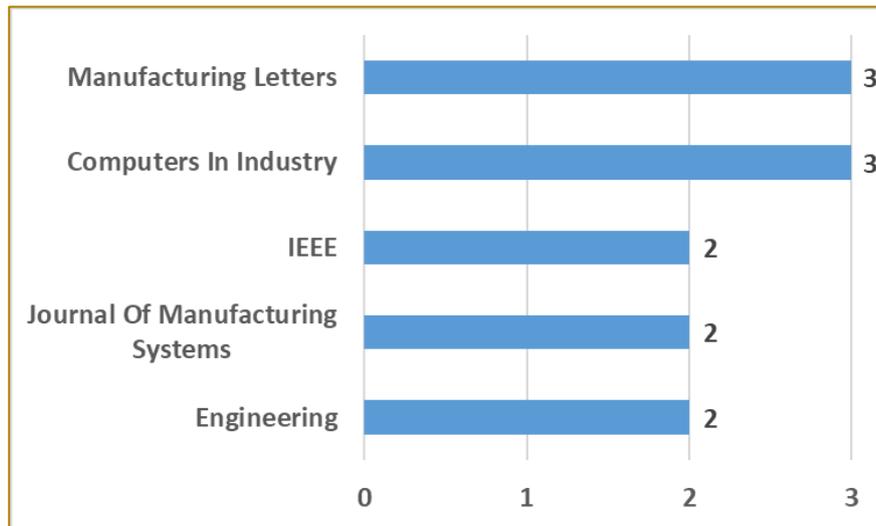
Fonte: Os autores

Como pode-se observar, o maior número de produção de artigos e de autores envolvidos em pesquisas sobre o tema estão em instituições de ensino nos Estados Unidos, apresentando um crescimento de pesquisas e desenvolvimento sobre o tema, o que pode torná-las instituições referência sobre o assunto.

No que diz respeito as revistas científicas que mais publicam os artigos referentes ao

assunto sistemas ciber-físicos voltados para sistemas de manufatura (Figura 8), destacam-se as revistas *Manufacturing Letters* e *Computer in Industry* com três publicações cada sobre o tema, e as revistas *IEEE Internet Of Things Journals*, *Journal Of Manufacturing Systems* e *Engineering* com duas publicações cada. Outras treze revistas publicaram um artigo sobre o tema.

Figura 8 – Quantidade de publicações em revistas científicas



Fonte: Os autores

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente artigo teve como objetivo apresentar as relações e interações do CPS (Sistema Ciber-Físico), por meio de um estudo bibliométrico. Para a elaboração dos resultados foram extraídos dados como: quantidade de publicação por autor, quantidade de citações dos artigos, quantidade de publicações por instituições, quantidade de citações por países e quantidade de publicações em revistas científicas.

Os resultados obtidos na pesquisa apresentam que os autores Jay Lee e Bahrad Bagheri são os autores que mais publicaram artigos referentes ao tema até o momento. No tema citações, os artigos mais citados foram “A Cyber-Physical Systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems” com 384 citações e “Recent advances and

trends in predictive manufacturing systems in big data environment” com 151 citações. Nota-se que o país que mais tem influência em pesquisas é o Estados Unidos, com um total de 10 publicações sobre o tema. A instituição University of Cincinnati com 4 artigos publicados sobre o tema foi a que mais se destacou. E por último as revistas científicas que mais publicaram sobre o assunto foram Manufacturing Letters e Computers in Industry com 3 publicações cada uma.

Por meio das análises dos resultados, conclui-se que o tema abordado tem crescido anualmente e se tornado de grande relevância para o surgimento e desenvolvimento de novas aplicações com o uso de sistemas ciber-físicos para os sistemas de manufatura, conceito este relacionado ao da manufatura inteligente, escopo da Indústria 4.0.

## REFERÊNCIAS

[1] BABICEANU, R. F.; SEKER, R. Manufacturing cyber-physical systems enabled by complex event processing and Big Data environments: a framework for development, in: T. Borangiu, A. Thomas, D. Trentesaux (Eds.), Service Orientation in Holonic and Multi-agent Manufacturing, 594, Computer, Springer, Berlin, Germany, v.11 p. 165–173. 2017.

[2] BABICEANU, R. F., SEKER, R. Big Data and Virtualization for Manufacturing Cyber-Physical Systems: A Survey of the Current Status and Future

Outlook, Editorial Computer Communications, 2016. P. 1-10.

[3] BAUERNHANSL, T. Industry 4.0: Challenges and Opportunities for the Automation Industry. 7th EFAC Assembly Technology Conference 2013, Davos, Switzerland, Presentation. p. 18-19. janeiro, 2013.

[4] CONTRERAS, J. D.; GARCIA, J. I. AND PASTRANA, J.D. Developing of Industry 4.0 Applications, iJOE – v. 13, n. 10, 2017.

- [5] DIODATO, V. Dictionary of Bibliometrics. Haworth Press: Binghamton, NY, 1994.
- [6] GUMPENBERGER, M. W. C.; GORRAIZ, J. Bibliometric practices and activities at the University of Vienna. *Library Management*, v. 33, n. 3, p. 174-183, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1108/01435121211217199>> Acesso em: 01/04/2018.
- [7] HOFFMEISTER, M.; GRAHLE, R. DIN SPEC 91345:2016-04 Referenzarchitekturmodell Industrie 4.0 RAMI4.0 Disponível em: <<https://www.beuth.de/de/technische-regel/din-spec-91345/250940128>. > Acesso em 05.mai.2018
- [8] KAGERMANN, H.; WAHLSTER, W.; AND HELBIG, J. Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIY 4.0, Furchungsunion, 2013.
- [9] KAGERMANN, H.; WAHLSTE, W.; HELBIG, J. 2013 Securing the Future of German Manufacturing Industry: Recommendations for Implementing the Strategic Ini-tiative INDUSTRIE 4.0. Acatech, Final Report of the industrie 4.0 Working Group, München, 2013.
- [10] LEE, E. A.; SESHIA, S. A. 2015 Introduction to Embedded Systems, A Cyber-Physical Systems Approach, 2nd ed., E.A. Lee and S. A. Seshia, Berkley, USA, 2014.
- [11] MONOSTORI, L.; KADAR, B.; BAUERNHANSL, T.; KONDOH, S.; KUMARA, S.; REINHART, G.; SAUER, O.; SCHUH, G.; SIHN, W.; AND UEDA, K. 2016. Cyber-physical systems in manufacturing. *CIRP Annals — Manufacturing Technology*, v.65 n.2, p. 621–641. 2016
- [12] National Institute of Standards and Technology 2013, January. Foundations for Innovation: Strategic R&D Opportunities for 21st Century Cyber-physical Systems: Connecting Computer and Information Systems With the Physical World. Report of the Steering Committee for Foundations in Innovation for cyber-physical systems, v. 28. NIST, US, 2012.
- [13] RAJKUMAR, R.; LEE, I.; SHA, L.; STANKOVIC, J.; 2011 Cyber-physical Systems: The Next Computing Revolution. Proceedings of the Design Automation Conference 2010, Anaheim, CA, US, 2010, p. 731–736.
- [14] PARK, K. J.; ZHENG, R.; LIU, X. 2012 Cyber-physical Systems: Milestones and Research Challenges. Editorial *Computer Communications*, v.1 2012, p.1–7.
- [15] SMALL, H. Paradigms, citations, and maps of science: a personal history. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, v. 54, n. 5, 2003, p. 394-399.
- [16] SHEN, W. M.; NORRIE, D. H. Agent-based systems for intelligent manufacturing: Astate-of-the-art survey. *Knowl Inf Syst*, v.1, n. 2, p. 29–56. Julho. 2013.
- [17] SUN, J.; WANG, M. H.; HO, Y. S. A historical review and bibliometric analysis of research on estuary pollution. *Marine Pollution Bulletin*, v. 64, n. 1, p. 13-21, 2012. PMID: 22119413. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.10.034>> Acesso em: 05.março.2018
- [18] WANG, S.; WAN, J.; ZHANG, D.; LI, D.; ZHANG, C. Towards smart factory for Industry 4.0: A self-organized multi-agent system with big data based feedback and coordination. *Comput Netw*, Editorial *Computer Communications*, v. 101, p. 158–68. Junho.2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.comnet.2015.12.017>> Acesso em: 10.abril.2018.
- [19] YU, X.; CECATI, C.; DILLON, T.; SIMOES, M. G. 2011 The New Frontier of Smart Grids – An Industrial Electronics Perspective. *IEEE Industrial Electronics Magazine*, v. 5, n. 3, p. 49– 63, outubro. 2011. Disponível em: <<https://doi.org/10.1109/MIE.2011.942176>> Acesso em: 10.março.2018.
- [20] ZÜHLKE, D. 2010 SmartFactory – Towards a Factory-of-Things. *Annual Reviews in Control*, v. 34, n. 1, p. 1-173, abril. 2010.

# Capítulo 14

## *APLICAÇÃO DO ESTUDO DE TEMPOS E MOVIMENTOS EM UMA EMPRESA DE BENEFICIAMENTO DE AÇAÍ EM BELÉM-PA*

*Ana Caroline Cardoso Caldeira*

*Bernardo Garcia Nunes Rosa*

*Lucas Moraes Pamplona Martins*

*Pedro Cunha Bastos Mathias*

*Andre Clementino de Oliveira Santos*

**Resumo:** Os estudos de tempos e movimentos têm o intuito de proporcionar melhorias empresariais no que tange aos seus aspectos dos processos produtivos. Tendo isto em vista, fez-se o uso deste estudo em uma empresa de beneficiamento de açaí em Belém/PA. Portanto, o objetivo desta pesquisa é aplicar estes conhecimentos buscando melhorias no processo produtivo na extração da polpa deste fruto mediante a identificação dos seus fatores produtivos, bem como a determinação dos micromovimentos inclusos neste processo, sendo que a metodologia adotada para esta análise foi um estudo de caso. Como resultado, obteve-se: uma planta baixa do local onde foi realizado o estudo e os indicadores de desempenho abordados dentro do estudo de tempos, bem como a determinação de um tempo padrão do processo elencado. Esses resultados permitiram compreender a importância da engenharia de métodos e de tais estudos na tomada de decisão do processo fabril, por meio das melhorias voltadas a otimização da movimentação útil nos processos produtivos e da maximização da produtividade, alcançada através da redução dos tempos de produção.

**Palavras-chave:** AÇAÍ, Engenharia de métodos, Micromovimentos

## 1 INTRODUÇÃO

O assunto abordado no presente artigo traz a importância do estudo de tempos e movimentos como indicador de melhorias no processo produtivo. Sendo assim, estará em análise o caso de um estabelecimento de beneficiamento de açaí em Belém/PA, sendo esta uma empresa de pequeno porte voltada para a exportação do produto.

Tendo em vista este ramo do mercado regional, observa-se que o mesmo apresenta cada vez mais exigências quanto aos seus padrões de produção e qualidade, porém, ainda é necessário a adoção de métodos de controle dos processos manuais utilizados visando maximizar a produtividade, o que é um diferencial fundamental em um mercado em franca expansão como o do produto elencado.

De acordo Martins e Laugeni (2006), o uso dos estudos de tempos e movimentos permitem estabelecer padrões para os sistemas de produção facilitando o planejamento do processo, tendo em vista que os recursos passam a ser usados com maior eficácia assim como os processos são realizados dentro do tempo necessário para maior produtividade. Sabendo disto, o presente trabalho foi realizado fazendo uso destas técnicas visando contribuir com melhorias ao longo do processo produtivo da empresa.

Ademais, o presente projeto tem o intuito de realizar um estudo de tempos e movimentos em uma empresa de beneficiamento de açaí visando identificar todos seus indicadores de desempenho abordados dentro dos procedimentos citados, bem como a determinação dos micromovimentos inclusos neste processo.

Para que tais objetivos fossem alcançados, este projeto foi dividido em: levantamento bibliográfico; Coleta de dados; Tratamento de dados; Estudo de tempos e movimentos do processo escolhido, respectivamente.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 PANORAMA DO SETOR DE AÇAÍ NO PARÁ

Em consideração a região norte do país o açaí é um produto que desempenha um caráter fundamental na economia, pois além de produto de subsistência para a população de baixa renda, é um dos setores do

comercio que mais vem se expandindo nos últimos anos. De acordo com Santos et al (2012) estamos assistindo, com o crescimento do mercado, a mudança do sistema extrativo que apresenta baixa produtividade (4,2t/ha), para o sistema manejado (8,4 t/ha) e o irrigado que pode atingir 15 t/ha, com possibilidade de crescer ainda mais com as inovações tecnológicas.

Do ponto de vista social, o beneficiamento do açaí tem promovido um aumento vertiginoso na geração de emprego e renda para a região devido ainda a sua expansão de mercado. Esta atividade é fundamental pois apresenta maior potencial de distribuição de renda para a população, por envolver milhares de pequenos produtores, além das indústrias processadoras (SEDECT, 2010).

Por fim, é necessária a compreensão de como a exploração deste produto deve ser moderada visando preservar a flora envolvida no processo, pois assim como a sua produção pode estimular a preservação das áreas onde a concentração natural deste fruto, também pode gerar desmatamentos visando criar áreas de plantio. Isto traz um grande recado que o mercado pode induzir a destruição do meio ambiente, como garantir a sua preservação e conservação, que deve ser estendido para outros produtos da Amazônia (HOMMA et al, 2006).

### 2.2 ESTUDO DE TEMPOS E MOVIMENTOS

Frederick Winslow Taylor foi precursor da gestão científica do trabalho e do estudo do tempo e do movimento. Sendo um grande estudioso da avaliação dos métodos e seus tempos, acreditava que desse modo podia melhorar a eficiência produtiva. Apesar de pioneiro, Taylor não considerava um conjunto de fatores humanos, os quais só vieram a ser considerados muito após a elaboração de seus estudos, o que permitiu o surgimento do formato de tempos e movimentos os quais existe atualmente (MAXIMIANO, 2004; TOLEDO, 2004).

Com o tempo e o surgimento de novos estudos relacionados aos tempos e movimentos, o simples formato de executar tarefas o mais rápido possível adotado por Taylor foi sendo aprimorado em um formato complexo, o qual envolve desde cronometragens do método clássico, até mesmo a decomposição de movimentos. Segundo Barnes (1977) esse estudo

sistemático do trabalho possibilita a determinação do tempo dispendido pelo trabalhador para a realização das tarefas com o intuito de padronizar a realização das mesmas. Portanto, é possível perceber que análise de tempos movimentos permite dar aos processos de produção um elevado grau de padronização, o que favorece a redução de fatores os quais não agregam valor ao produto, dentre estes têm-se: retrabalhos, acidentes de trabalho, má execução de tarefas, entre outros.

É importante destacar a definição deste formato de estudo, a qual para Barnes (1977) é dada como o procedimento utilizado na determinação do tempo necessário para que uma pessoa qualificada e treinada, trabalhando em um ritmo normal, possa executar uma tarefa específica. Sendo assim, destaca-se a importância da observação neste tipo de análise, a qual possibilita elencar os processos e os candidatos aptos a serem foco deste método.

Portanto, se observa que este método é fundamental para empregados e empregadores no alcance de melhorias tanto na lucratividade como na qualidade das tarefas executadas, pois a maximização do lucro permite melhores remunerações, assim como o estudo de movimentos é responsável por reduzir os desgastes físicos e os acidentes de trabalho. De acordo com Minette (1996) o tempo consumido por determinado

método de trabalho pode influenciar a produtividade e a remuneração do ser humano. No estudo do trabalho, o fator tempo é de grande relevância.

### 3. METODOLOGIA

#### 3.1. CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

De acordo com Gil (2010), esta pesquisa é classificada como descritiva, por utilizar de técnicas padronizadas para a coleta dos dados e observação sistemática do fenômeno abordado. Quando observamos os procedimentos técnicos desta pesquisa, o artigo se torna um estudo de caso, com análise qualitativa e quantitativa.

#### 3.2. ETAPAS DA PESQUISA

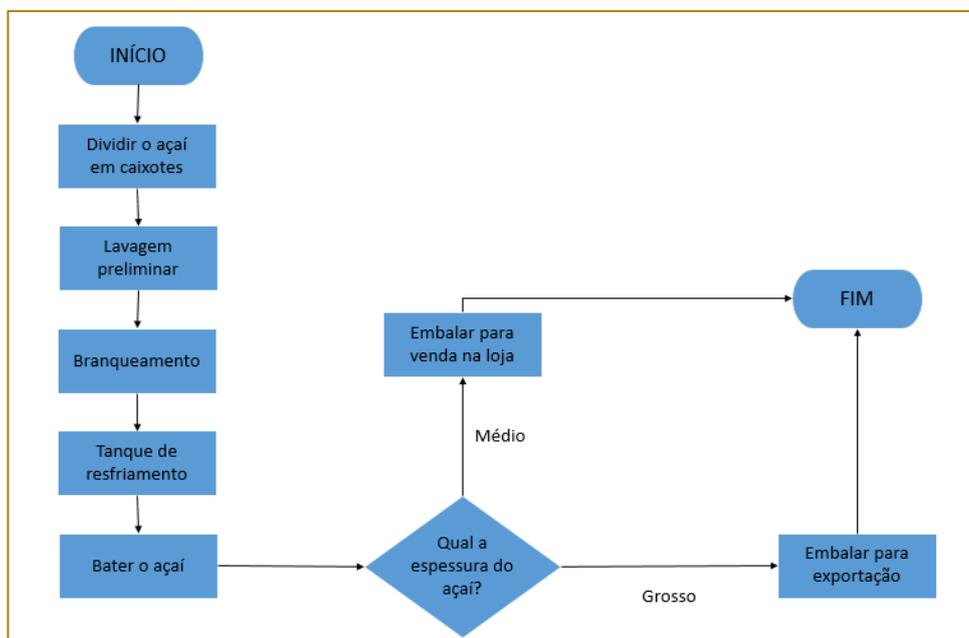
##### 3.2.1. LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO

Para obter as informações necessárias foram feitas pesquisas em livros da área da engenharia, livros específicos de tempos e movimentos, dissertações, sites, artigos, além do próprio histórico cultural do açai que foi pesquisado em diversas fontes.

##### 3.2.2. FLUXO DO PROCESSO

Após visitas ao local de produção, o processo foi mapeado e registrado na Figura 1.

FIGURA1 - Fluxograma do Processo Produtivo da Produção do Açai



A Figura 1 demonstra através de um fluxograma, o processo de fabricação do açaí na empresa estudada. Os insumos iniciais necessários, que são os caroços de açaí, chegam através de caminhões em sacos grandes e em seguida são previamente preparados e postos na bancada de produção de modo a iniciar o processo.

Após a criação do fluxograma, foi definida a atividade que seria cronometrada para determinação do tempo padrão desta produção. Para a seleção, buscou-se analisar qual operação atuava como gargalo da produção e verificou-se que o processo de bater o açaí encaixava-se melhor nesta descrição, pois todos os outros setores adaptavam seu ritmo em função deste.

Após a cronometragem, foi realizado estudo de movimentos através da transformação do processo de bater o açaí em micromovimentos, a fim de encontrar o tempo sintético de produção, compará-lo ao tempo padrão e verificar o nível de padronização do processo.

### 3.2.3. DETERMINAÇÃO DO NÚMERO DE CICLOS A SEREM CRONOMETRADOS (NC)

Ao final de cada dia de cronometragens era necessário o cálculo de NC para validar o número mínimo de cronometragens necessário para validar o estudo. Segundo Martins e Laugeni (2015), o número de cronometragens necessárias para cada dia de tomada de tempos é estatisticamente determinado através da expressão matemática do intervalo de confiança da distribuição por amostragem da média de uma variável normalmente distribuída.

Para achar o NC também é necessário ter em mãos os valores das médias das cronometragens além dos valores das amplitudes das mesmas e o valor tabelado de D2. Para o cálculo da média fez a soma dos totais das oito cronometragens de cada dia e depois dividiu por oito, utilizando os mesmos totais foi calculada a amplitude selecionando o maior valor daquele dia e subtraindo pelo menor valor. O D2 é calculado segundo a Figura 2:

FIGURA 2 - Coeficiente tabelado d2.

N	2	3	4	5	6	7	8	9	10
d2	1,123	1,693	2,059	2,326	2,534	2,704	2,847	2,97	3,078

Fonte: Peinaldo e Graeml (2007)

O NC foi calculado considerando nível de confiança da amostra de 90%, ao qual corresponde  $Z = 90\%$ ; erro amostral (Er) de 10%; coeficiente tabelado para cinco amostras preliminares ( $D2 = 2,326$ ); e ainda, as médias ( $Xn$ ) e amplitudes ( $Rn$ ) diárias, conforme a equação:

$$NC = \left[ \frac{Z * Rn}{Er * d_2 * Xn} \right]^2$$

As cronometragens foram realizadas em cinco dias deferentes a cada dia foram feitas oito medições preliminares. Os tempos foram registrados como mostra o Quadro 1 e o cálculo do NC foi feito para cada dia e registrado na Tabela 3.

TABELA1 - Tempos cronometrados por dia

Dia 1									
Ordem	Etapa	Cronometragens (em segundos)							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1ª	Inserir os caroços na máquina	2,57	4,25	2,52	3,39	4,25	4,03	3,74	3,2
2ª	Batimento	75,24	85,03	77,64	64,7	73,09	64,2	98	71,36
3ª	Despejar 3 tijelas de polpa fina de açaí	85,2	84,53	78,14	84,06	96,06	85,26	83,58	74,67
4ª	Entregar para embalagem	6,47	10,26	6,92	10,6	8,3	9,29	10,37	6,83
5ª	Despejar 2 canecas de água	56,69	50,41	61,5	51,51	50,08	44,47	52,76	51,77
6ª	Retirar os caroços	18,17	11,36	14,37	12,91	12,47	10,59	11,35	10,78
Total		244,34	245,84	241,09	227,17	244,29	217,84	259,8	218,61

Dia 2									
Ordem	Etapa	Cronometragens (em segundos)							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1ª	Inserir os caroços na máquina	4,21	5,6	4,21	2,51	2,7	3,24	3,49	2,82
2ª	Batimento	71,12	49,23	40,48	42,63	35,52	24,48	41,1	30,25
3ª	Despejar 3 tijelas de polpa fina de açaí	69,72	96,58	110,69	102,86	103,75	123,47	97,39	104,35
4ª	Entregar para embalagem	6,71	10,58	7,56	7,01	7,22	7,91	8,83	7,19
5ª	Despejar 2 canecas de água	57,25	49,32	49,31	47,36	50,15	41,13	56,3	53,21
6ª	Retirar os caroços	14,83	14,44	13,68	15,62	13,91	10,92	14,84	12,34
Total		223,84	225,75	225,93	217,99	213,25	211,15	221,95	210,16

Dia 3									
Ordem	Etapa	Cronometragens (em segundos)							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1ª	Inserir os caroços na máquina	3,52	3,01	3,53	3,84	2,82	3,64	3,62	2,52
2ª	Batimento	71,88	75,29	82,81	81,92	80,34	75,02	87,18	82,86
3ª	Despejar 3 tijelas de polpa fina de açaí	86,2	87,46	86,75	95,85	94,87	82,51	93,61	90,66
4ª	Entregar para embalagem	8,37	7,89	7,72	6,86	7,8	7,24	7,43	5,46
5ª	Despejar 2 canecas de água	54,01	41,61	51,07	48,65	47,82	45,7	50,34	55,7
6ª	Retirar os caroços	12,07	12	11,58	11,73	8,21	11,74	11,16	12,79
Total		236,05	228,26	243,46	248,85	241,86	226,85	253,34	249,99

Dia 4									
Ordem	Etapa	Cronometragens (em segundos)							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1ª	Inserir os caroços na máquina	1,54	2,18		3,39	3,32	2,52	3,64	3,19
2ª	Batimento	89,92	77,83	77,58	88,68	92,71	89,44	79,87	81,67
3ª	Despejar 3 tijelas de polpa fina de açaí	86,91	97,61	94,47	90,92	84,06	86,35	97,8	83,6
4ª	Entregar para embalagem	8,17	9,96	6,61	11,56	8,45	8,41	11,71	7,92
5ª	Despejar 2 canecas de água	59,53	54,54	57,07	40,73	48	46,45	44,67	61,42
6ª	Retirar os caroços	12,98	11,81	12,74	11,77	11,23	12,19	10,14	10,57
Total		259,05	253,93	248,47	247,05	247,78	245,36	247,83	248,37

Dia 5									
Ordem	Etapa	Cronometragens (em segundos)							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1ª	Inserir os caroços na máquina	2,96	2,26	2,48	3,07	5,1	2,21	3,76	2,91
2ª	Batimento	67,71	78,26	58,85	74,17	70,7	63,48	65,01	62,22
3ª	Despejar 3 tijelas de polpa fina de açaí	119,63	113,82	122,11	122,68	106,36	100,81	114,59	127,42
4ª	Entregar para embalagem	6,03	5,7	6,48	6,25	11,02	7,12	7,01	5,25
5ª	Despejar 2 canecas de água	53,18	61,54	54,28	68,46	66,79	59,19	58,89	53,82
6ª	Retirar os caroços	12,39	14,17	14,77	7,78	10,14	15,45	13,07	13,77
Total		261,9	275,75	258,97	282,41	269,11	248,3	262,33	265,39

Fonte: Os Autores

TABELA 2 - Cálculo de médias, amplitudes e NC

Dia	Média	Amplitude	NC
1	237,37	41,19	2
2	218,75	15,77	2
3	241,08	26,49	2
4	249,73	13,69	2
5	265,52	34,11	2

Fonte: Os Autores

A partir desses dados pode-se concluir que o número de cronometragens em cada dia foi suficiente, já que o NC para os respectivos dias fora igual a dois.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1.1 VALIDAÇÃO DOS DADOS OBTIDOS

Para validação das cronometragens obtidas no estudo, foram construídos gráficos de controle elaborados utilizando as médias (Figuras 3 a 7), que exclui cronometragens discrepantes e a amplitude (Figura 8), para exclusão de dias discrepantes, onde tais variáveis são os outliers (MONTGOMERY; RUNGER, 2012). Foram validadas as cronometragens que estavam no intervalo entre os limites inferior e superior de controle, calculados tanto para as médias, quanto para a amplitude. As fórmulas utilizadas estão descritas mais adiante neste trabalho.

### 4.1.1. GRÁFICOS DE MÉDIAS

Foram construídos gráficos de controle de médias, conforme os cinco dias de cronometragens, considerando os limites, inferior e superior, calculados por meio das equações abaixo:

$$LIC = X - A * R$$

$$LSC = X + A * R$$

Onde X, A e R são, respectivamente, a média, o coeficiente tabelado para NC e a amplitude para o dia considerado. Os limites calculados para cada dia do gráfico de médias foram registrados na Tabela 3.

TABELA 3 - Cálculo dos limites inferior e superior

Dia	NC	Média	Amplitude	A	LIC	LSP
1	2	239,86	42	1,88	160,9	318,82
2	2	218,75	16	1,88	188,67	248,67
3	2	241	26	1,88	192,12	289,88
4	2	251,375	17	1,88	219,415	283,335
5	2	265,375	34	1,88	201,445	320,295

Fonte: Os autores

Tendo os dados, construiu-se os gráficos de médias e foi observado que todas as cronometragens estavam contidas no

intervalo de controle e, portanto, foram validadas.

FIGURA 3 – Gráfico de controle do 1º dia.

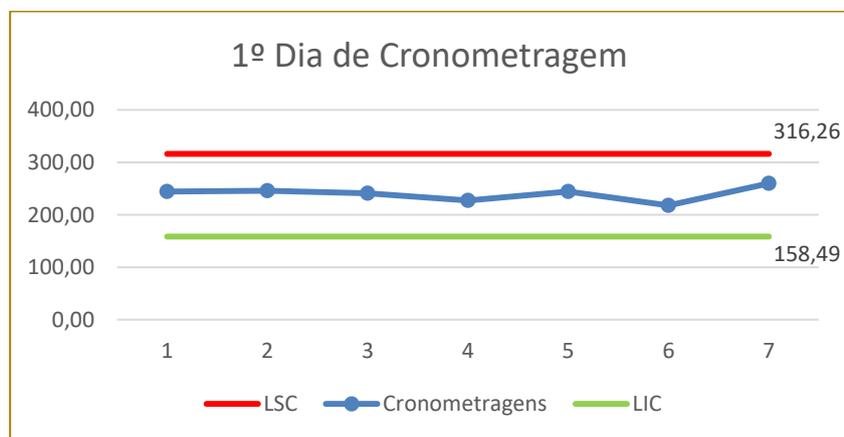


FIGURA 4 – Gráfico de controle do 2º dia.

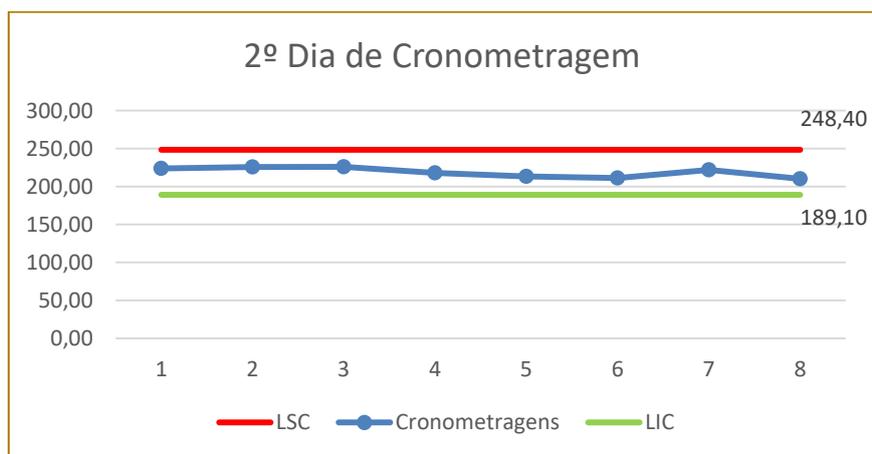


FIGURA 5 – Gráfico de controle do 3º dia.

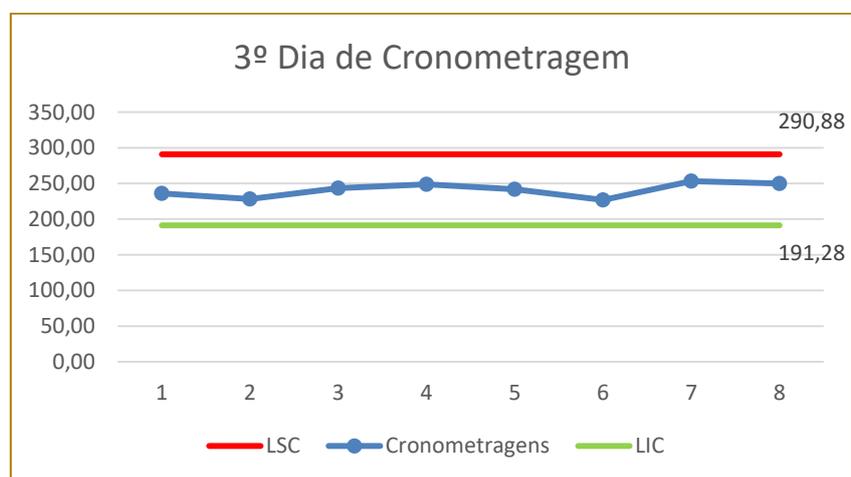


FIGURA 6 – Gráfico de controle do 4º dia.

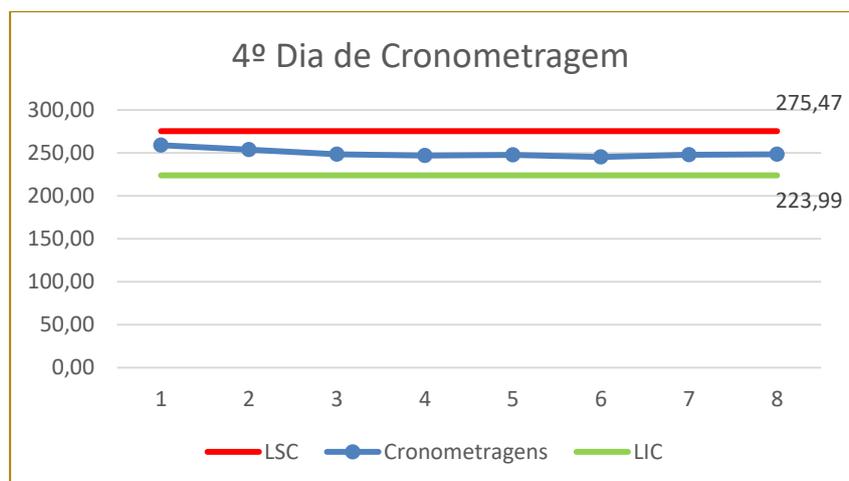
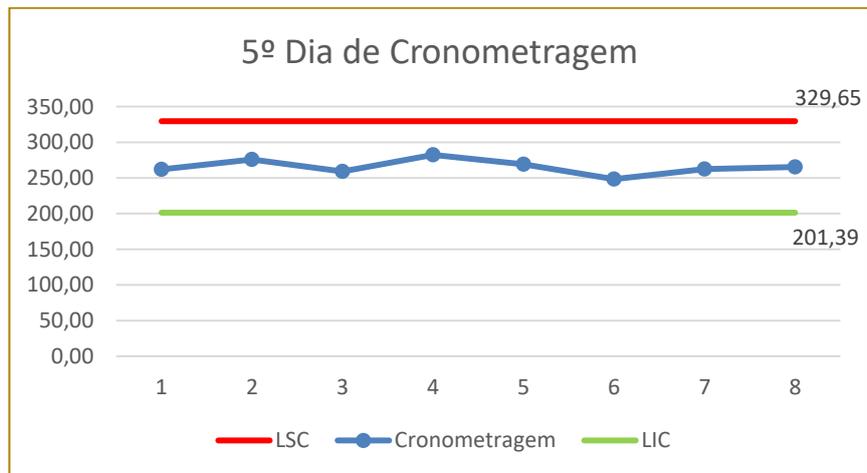


FIGURA 7 – Gráfico de controle do 5º dia.



#### 4.1.2. GRÁFICO DE AMPLITUDES

Para validação das amplitudes, o LIC e o LSC foram calculados segundo as equações:

$$LIC = d_3 * Rm$$

$$LSC = d_4 * Rm$$

Onde D3 e D4 são coeficiente tabelados para o maior NC calculado durante os cinco dias de cronometragens e Rm é a média das

amplitudes observadas. Os valores encontrados para os limites do gráfico de amplitudes foram:

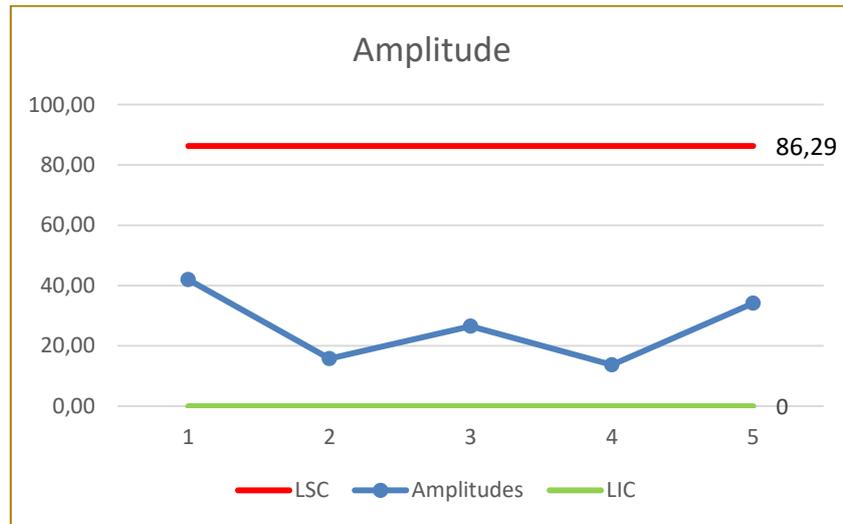
$$LIC = 0 * \frac{41,96 + 15,77 + 26,49 + 13,69 + 34,11}{5} = 0$$

$$LSC = 3,268 * \frac{41,96 + 15,77 + 26,49 + 13,69 + 34,11}{5} = 86,29$$

A partir dos cálculos efetuados foi montado o gráfico (Figura 8) onde, foi observado que as amplitudes estavam dentro dos limites de

controle e, portanto, todos os dias de cronometragens foram validados.

FIGURA 9 – Gráfico de controle da amplitude.



#### 4.2. FATOR DE TOLERÂNCIA

Segundo Martins e Laugeni (2006), o fator de tolerância (FT) é a previsão da interrupção do trabalho para atender necessidades pessoais e aliviar afadiga. Na empresa em questão o

tempo total de jornada de trabalho (TT) é 6h (360 min). Além do mais, é concedido ao funcionário o tempo de 40 minutos para descanso e higiene pessoal, a este tempo se chama tempo permissivo (TP). Sabendo que FT é calculado pela fórmula:

$$FT = \frac{1}{1 - \left(\frac{TP}{TT}\right)}$$

Obteve-se o valor de FT = 1,125, o que indica que o trabalho é pouco agressivo ao trabalhador.

$$TN = Xn$$

Como foi adotado o ritmo de 100%, para fins didáticos, é certo afirmar que o TN é o próprio valor da média nos respectivos dias de análise.

#### 4.3. TEMPO NORMAL (TN)

Conforme demonstrado, todas as cronometragens realizadas no estudo foram válidas e, a partir desses dados, foi possível fazer a seguinte relação para cada dia de cronometragem:

Então, os tempos normais encontrados para cada dia foram registrados na Tabela 4.

TABELA 4 – Tempos normais obtidos

Dia	1	2	3	4	5
TN	237,37	218,75	241,08	249,73	265,52

Fonte: Os autores

#### 4.4. TEMPO PADRÃO

Tempo padrão é o tempo necessário para executar uma operação de acordo com um método estabelecido, em condições determinadas, por operador apto e treinado,

trabalhando em ritmo normal, durante todas as horas do serviço. Além disso, o TP é o produto do fator de tolerância pelo tempo normal e também foi calculado para cada dia de cronometragem, conforme a Tabela 5.

TABELA 5 - Cálculo do tempo padrão

Dia	1	2	3	4	5
TN (s)	237,37	218,75	241,08	249,73	265,52
FT	1,125	1,125	1,125	1,125	1,125
TP (s)	267,04	246,09	271,22	280,95	298,71

Fonte: Os autores

#### 4.5. ESTUDO DE MICROMOVIMENTOS E TEMPO SINTÉTICO (TS)

Neste estudo foi analisada a atividade de bater o açaí, que se divide nas etapas descritas na Tabela 1. Afim de ilustrar o processo, foram montados esquemas que

descrevem a área em que ele se desenvolve, representados no apêndice A. Os cortes abaixo mostram as distâncias que o funcionário cobre durante sua movimentação.

FIGURA 9 – Corte frontal da área de máquinas.

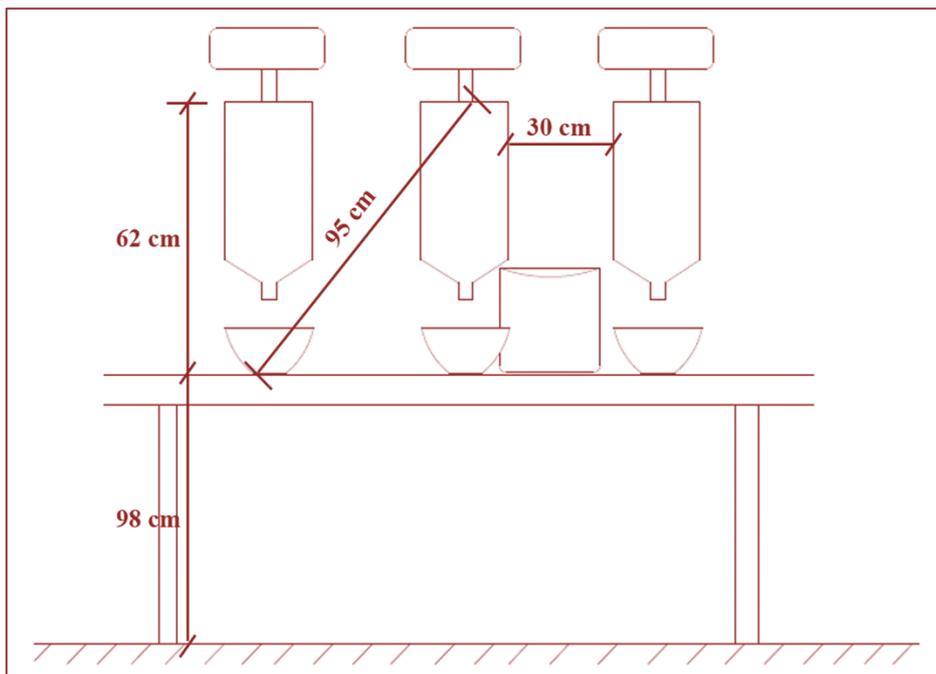
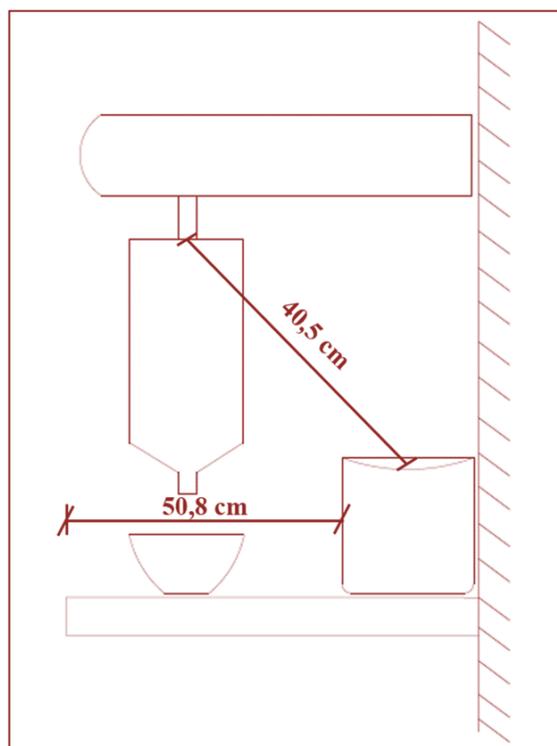


FIGURA 10 – Corte lateral da área de máquinas.



No estudo dos micromovimentos foi utilizado o Sistema MTM (Methods-Time Measurement). Neste sistema, a unidade de tempo é o TMU (time measurement unit – unidade de medida de tempo), que vale 0,0006min.

Os micromovimentos obtidos e seus TMUs foram registrados na Tabela 6. Todos os gaps do processo referem-se aos tempos de máquina.

TABELA 6 – Micromovimentos e seus TMUs

Movimentos com as duas mãos		Maior TMU
Alcançar balde - Tipo A - 63 pol		41,3
Agarrar balde - 1A		2
Movimentar balde - Tipo C - 63 pol		69,6
Posicionar frouxo		11,2
Movimentar balde - Tipo C - 63 pol		69,6
Soltar por contato		0
Alcançar corpo - Tipo A - 8 pol		7,9
GAP – 90s		-
Movimentos com a mão esquerda	Movimentos com a mão direita	-
-	Alcançar tigela - Tipo A - 12 pol	9,6
-	Agarrar tigela - 1A	2
-	Movimentar tigela - Tipo C - 37,4 pol	41,3
-	Posicionar frouxo	11,2
-	Movimentar tigela - Tipo C - 37,4 pol	41,3
-	Soltar por contato	0

(continuação...)

Alcançar tigela - Tipo A - 12 pol	Alcançar corpo - Tipo A - 8 pol	9,6
Agarrar tigela - 1A	-	2
Movimentar tigela - Tipo C - 37,4 pol	-	41,3
Posicionar frouxo	-	11,2
Movimentar tigela - Tipo C - 37,4 pol	-	41,3
Soltar por contato	-	0
Alcançar corpo - Tipo A - 8 pol	Alcançar tigela - Tipo A - 12 pol	9,6
-	Agarrar tigela - 1A	2
-	Movimentar tigela - Tipo C - 37,4 pol	41,3
-	Posicionar frouxo	11,2
-	Movimentar tigela - Tipo C - 37,4 pol	4,3
-	Soltar por contato	0
-	Alcançar corpo - Tipo A - 8 pol	7,9
GAP – 50s		-
Alcançar tigela - Tipo A - 20 pol	Alcançar tigela - Tipo A - 8 pol	13,1
Agarrar tigela - 1A	Agarrar tigela - 1A	2
Movimentar tigela - Tipo C - 12 pol	Movimentar tigela - Tipo C - 8 pol	15,2
Soltar por contato	-	0
Alcançar corpo - Tipo A - 8 pol	Movimentar tigela - Tipo C - 65 pol	71,8
-	Posicionar frouxo	11,2
-	Soltar por contato	0
Alcançar tigela - Tipo A - 65 pol	Alcançar tigela - Tipo A - 67 pol	43,9
Agarrar tigela - 1A	Agarrar tigela - 1A	2
Movimentar tigela - Tipo C - 12 pol	Movimentar tigela - Tipo C - 12 pol	15,2
Soltar por contato	Soltar por contato	0
Alcançar corpo - Tipo A - 8 pol	Alcançar caneca - Tipo A - 20 pol	13,1
-	Agarrar caneca - 1A	2
-	Movimentar caneca - Tipo C - 16 pol	18,7
-	Posicionar frouxo	11,2
-	Movimentar caneca - Tipo C - 16 pol	18,7
-	Posicionar frouxo	11,2
-	Movimentar caneca - Tipo C - 16 pol	18,7
-	Posicionar frouxo	11,2
-	Movimentar caneca - Tipo C - 16 pol	18,7
-	Soltar normal	2
Alcançar tigela - Tipo A - 12 pol	Alcançar tigela - Tipo A - 20 pol	13,1
Agarrar tigela - 1A	Agarrar tigela - 1A	2
Movimentar tigela - Tipo C - 12 pol	Movimentar tigela - Tipo C - 12 pol	15,2
Soltar por contato	Soltar por contato	0
Alcançar corpo - Tipo A - 8 pol	Alcançar corpo - Tipo A - 8 pol	7,9
GAP – 10s		-
Alcançar balde - Tipo A - 63 pol	-	41,3

(continuação...)

Agarrar - 1A	-	2
Movimentar balde - Tipo C - 63 pol	-	69,6
Posicionar frouxo	Alcançar tampa - Tipo A - 8 pol	11,2
-	Agarrar - 1A	2
-	Movimentar tampa - Tipo C - 8 pol	11,8
GAP – 10s		-
-	Movimentar tampa - Tipo C - 8 pol	11,8
-	Posicionar justo	21,8
-	Soltar por contato	0
Movimentar balde - Tipo C - 63 pol	Alcançar corpo - Tipo A - 8 pol	69,6
Soltar por contato	-	0
Alcançar corpo - Tipo A - 8 pol	-	7,9
TOTAL		1075,8

Fonte: Os autores

Calculou-se o tempo sintético ( $T_s$ ) da operação através da fórmula

$$T_s = \sum TMU * 0,0006 * 60 + \sum gaps$$

Obeve-se um tempo sintético de 199 segundos para este processo. Comparando o tempo sintético com o tempo cronometrado médio ( $T_{cm}$ ) dos cinco dias (236,3 segundos), por meio diferença percentual entre eles, representada pela equação

$$DP = \left[ \frac{(T_{cm} - T_s)}{T_{cm}} \right] * 100\%$$

Encontrou-se uma diferença percentual entre eles de 15,8%.

## 5. CONCLUSÃO

Tendo os dados apresentados, verificou-se que os objetivos da pesquisa foram alcançados.

## REFERÊNCIAS

- [1] BARNES, Ralph M. Estudo de movimentos e de tempos: projeto e medida do trabalho. São Paulo. Edgard Blücher, 1977.
- [2] HOMMA, A.K.O.; NOGUEIRA, O.L.; MENEZES, A.J.E.A.; CARVALHO, J.E.U.; NICOLI,

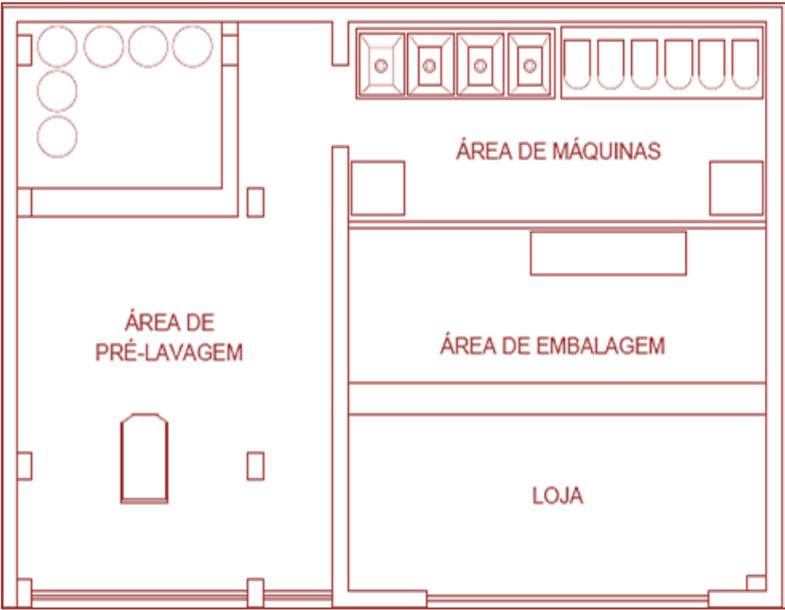
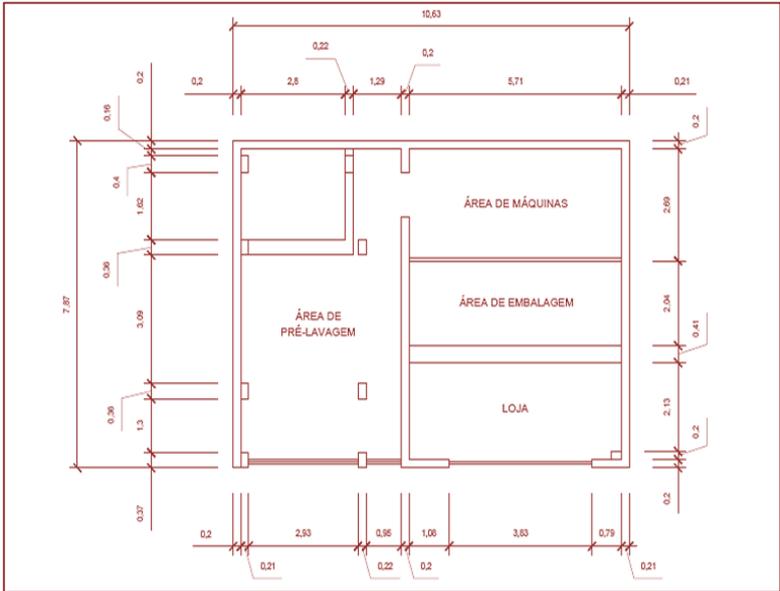
O valor de 15,8% de DP encontrado no presente estudo aponta convergência que, por sua vez, indica uma excelente padronização do processo produtivo e alta estabilidade dos produtos, fatores que apontam o grau de requinte do processo estudado.

Como sugestões para trabalhos futuros, sugere-se que estudos semelhantes sejam aplicados em todo o processo produtivo da empresa. Desta forma, seria obtido todos os tempos-padrão de cada etapa executada, bem como o tempo-padrão para fabricação do açaí, seja ele médio ou grosso. Além disso, sugere-se que sejam aplicadas o máximo possível de ferramentas do estudo de tempos para promover um maior aprofundamento, resultando no encontro de várias melhorias para o processo produtivo. Ainda, espera-se que esse resultado desperte o interesse de outros pesquisadores, que a partir de sugestões aqui propostas, possam desenvolver outros trabalhos.

- C.M.L.; MATOS, G.B. Açaí: novos desafios e tendências. Amazônia: Ciência & Desenvolvimento, Belém, v.1, n.2, p.7-23, jan./jun. 2006.

- [3] MAXIMIANO, A.C.A. Teoria Geral da Administração: Da Revolução Urbana à Revolução Digital – São Paulo – Editora Atlas, 2004.
- [4] MARTINS, Petrônio G.; LAUGENI, Fernando P.. Administração da Produção. São Paulo: Saraiva, 2006.
- [5] MINETTE, L. J. Avaliação técnica e econômica dos tratores florestais transportadores (Forwarders) na extração da madeira de eucalipto. Viçosa: UFV, 1988 (Dissertação de Mestrado).
- [6] MOREIRA, Daniel A. Administração de produção e operações. São Paulo: Pioneira, 2004.
- [7] MONTGOMERY, Donald; RUNGER, George. Estatística aplicada e probabilidade para engenheiros. São Paulo: LTC, 5ª ed., 2012.
- [8] SLACK, N. et al. Administração da Produção. 1. ed. São Paulo: Atlas, 1999.
- [9] SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart & JOHNSTON, Robert. Administração da Produção. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- [10] SANTOS, J.C.; SENA, A.L.S.; HOMMA, A.K.O. Viabilidade econômica do manejo de açaiçais no estuário amazônico do Pará. In: GUIDUCCI, R.C.N.; LIMA FILHO, J.R.; MOTA, M.M. (eds.). Viabilidade econômica de sistemas de produção agropecuários. Brasília: Embrapa, 2012. p.351-409.
- [11] SECRETARIA DE ESTADO DE DESENVOLVIMENTO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA – SEDECT. Análise Setorial do Comércio Exterior Paraense: Fruticultura. 2010. Belém: Diretoria de Apoio ao Comércio Exterior – DCOMEX, 2010.

APÊNDICE A – PLANTA BAIXA E LAYOUT DA EMPRESA



# Capítulo 15

## *APLICAÇÃO DO THROUGHPUT DIAGRAM: UMA FERRAMENTA DE ANÁLISE DAS DECISÕES DE PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO*

*Tatiana Kimura Kodama*

*Fernando José Gómez Paredes*

*Moacir Godinho Filho*

**Resumo:** O objetivo desse artigo é apresentar o throughput diagram (TD) e a aplicação do mesmo em uma empresa do setor de manutenção aeronáutica através de um estudo de caso único visando analisar com o TD pode contribuir para as decisões de Planejamento e Controle da Produção (PCP). A aplicação do TD permitiu uma visão agregada do comportamento das ordens ao longo do tempo e, visualizar como as decisões de PCP afetam o desempenho. No caso estudado, a decisão que mais influenciou o comportamento das ordens foi o processo de liberação das ordens que impactou o lead time e o atraso acumulado das ordens. As pesquisas futuras devem incluir um período maior de análises para verificar como essas decisões influenciam as datas de entrega.

## 1. INTRODUÇÃO

Uma das competências operacionais importantes para empresas Make-To-Order (MTO) é atingir um lead time reduzido e previsível com o objetivo de manter a promessa ao cliente, enquanto reduzir os prazos de entrega pode ser um critério determinante para ganhar o pedido (THÜRER; GODINHO FILHO, 2012).

Portanto, as decisões de Planejamento e Controle da Produção (PCP) devem estar alinhadas para o alcance desse objetivo. No entanto, para que as decisões de PCP se tornem cada vez mais bem-sucedidas são necessárias ferramentas de diagnóstico de desempenho focado na confiabilidade de entrega (SOEPENBERG et al., 2012). No que concerne o desempenho da confiabilidade de entrega, este estudo, delimita-se a analisar somente as decisões de PCP que influenciam o mesmo.

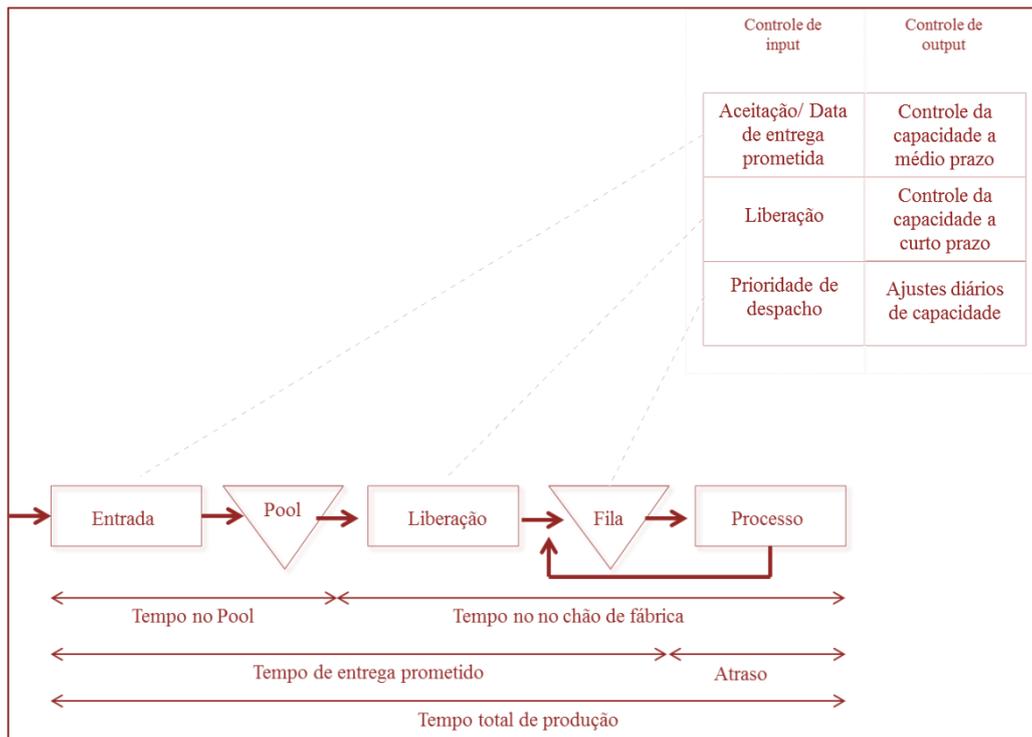
De acordo com Kingsman e Hendry (2002), as decisões de PCP que influenciam a confiabilidade de entrega são: controle de entrada que engloba as variáveis de decisão (data de aceitação do pedido, data de entrega prometida, data de liberação da ordem e prioridade de despacho) e; o

controle de saída que engloba a variável capacidade e suas adaptações. A estrutura com base no conceito de Workload Control (WLC) introduzida por Land e Gaalman (1996), representada na Figura 1, proporciona uma visão geral da relevância das decisões de controle de entrada e saída.

O Throughput Diagram (TD) é uma ferramenta de apoio ao diagnóstico da confiabilidade de entrega e tem como finalidade facilitar o diagnóstico do atraso com baseado na abordagem WLC. Segundo Land et al. (2004), o TD auxilia no processo para a obtenção da alta confiabilidade de entrega, pois fornece o controle do tempo médio de atravessamento. Apesar de ser estudado há anos na literatura, pois foi proposta por Betche (1988), essa ferramenta ainda é pouco conhecida no Brasil.

O objetivo desse artigo é apresentar o TD e aplicá-lo em uma empresa do setor de manutenção aeronáutica através de um estudo de caso único. O estudo busca responder a seguinte indagação: "Como o Throughput Diagram pode contribuir para as decisões de PCP?"

Figura 1 - Decisões de controle de entrada e saída



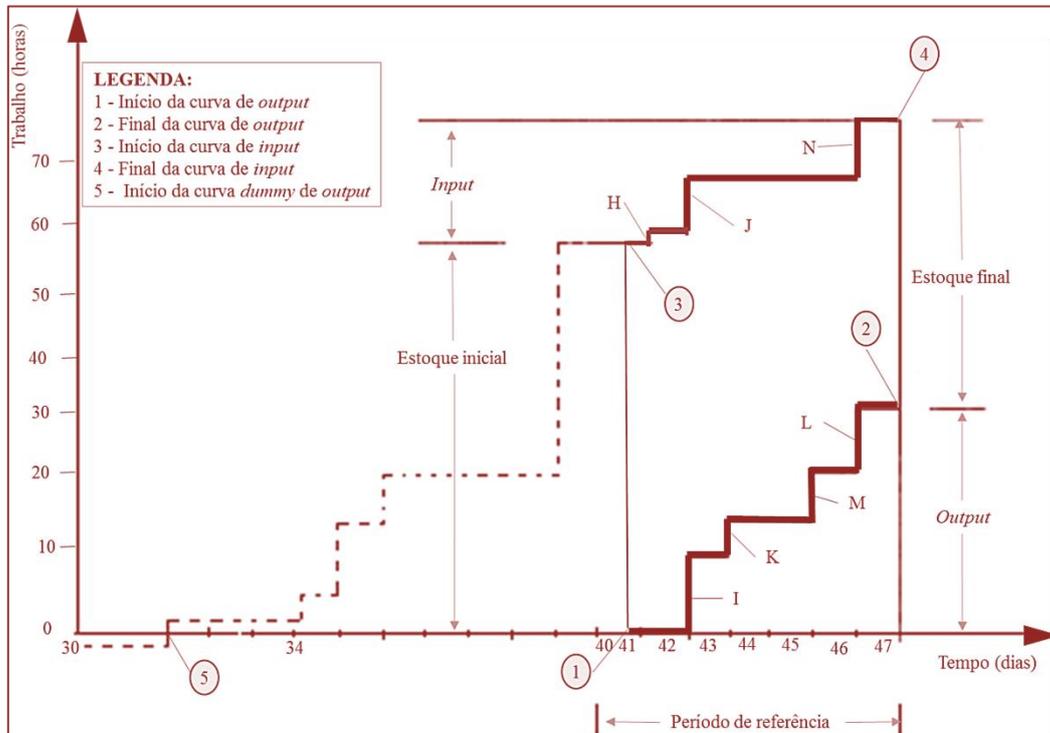
Fonte: Adaptado de Soepenber, Land e Gaalman (2008)



A curva de saída é representada, graficamente, na Figura 3 em conformidade com as datas de saída das ordens (I, K, L e M), pois todas essas ordens têm os valores de

output no feedback no P (WIENDAHL, 1995). A construção da curva de saída tem início no final do dia 40.

Figura 3 - Construção do Throughput Diagram a partir das tendências de entrada e saída



Fonte: Adaptado de Wiendahl (1995)

De acordo com Wiendahl (1995), para determinar o ponto inicial da curva de entrada (input) é necessário a determinação do estoque inicial. A determinação do estoque inicial é realizada através da soma das horas de todas as ordens que antecedem o P (todas as ordens que não haviam sido concluídas até o P são consideradas como o estoque inicial).

A Figura 2B apresenta todas as ordens e os respectivos valores de inputs na coluna denominada estoque inicial. As ordens dos estoques iniciais a serem considerados são A, D, F e G, cujos valores correspondem, respectivamente, 3,9, 8,5, 5,0, 25,3 (horas). A soma dos valores dessas ordens é de 42,7 horas e é considerado como o ponto inicial para a construção da curva de entrada.

Para a plotagem da curva de entrada, considera-se o valor de estoque inicial que antecede o P como o ponto de inicial da curva (42,7 horas) e, posteriormente, somam-se as horas das ordens que entraram no P. No exemplo, o valor da curva de entrada final é a soma das ordens entrantes H, J e N, cujos

valores correspondem, respectivamente, 0,3, 7,1 e 6,5 (horas). Sendo assim, o valor final da curva de entrada é de 56,6 horas. Numericamente, o valor pode ser observado na coluna denominada Tendência de entrada na Figura 2B e, graficamente está apresentado pelo número 4 circulado na Figura 3. Matematicamente, a curva de entrada final é expressa da seguinte maneira:

$$C_{ef} = Ve_{i_{A \rightarrow G}} + \sum_H^N Ve \quad \text{Equação (1)}$$

Onde:

$C_{ef}$  : Curva de entrada final (em horas);

$Ve_{i_{A \rightarrow G}}$  : Estoque inicial antes do P (em horas);

$\sum_H^N Ve$  : Soma das ordens que entraram no P (horas)

Portanto,

$$C_{ef} = 42,7 + (0,3 + 7,1 + 6,5) = 56,6 \text{ horas}$$

O cálculo para a determinação do estoque final no final do dia 47 e início do dia 48, é realizado através da diferença entre os valores de entrada e os valores de saída. Matematicamente, esta operação está representada na Equação 2.

$$E_f = T_e - O \quad \text{Equação (2)}$$

Onde:

$E_f$  = Estoque final (em horas);

$T_e$  = Valores da Tendência de entrada (em horas);

$O$  = Valores de saída (em horas).

Sendo assim:

$$E_f = 56,6 - 24,5 = 32,1 \text{ horas}$$

Para uma discussão mais aprofundada sobre o TD, um exemplo com dados mais complexos é apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 – Cálculo das curvas de entrada e saída de um centro de trabalho

Número da linha	Número da ordem	Data de entrada (dias)	Data de saída (dias)	Tempo do pedido (horas)	Estoque até o final do SCD 195 (horas)	Entrada do dia SCD 195 até o dia 220 (horas)	Entrada cumulativa geral (horas)	Saída entre SCD 195 a 220 (horas)	Estoque até o final do SCD 220
1	10	71	236	3,5	3,5	-	-205,3	-	3,5
2	13	81	330	14,6	18,1	-	-190,7	-	18,1
3	16	141	188	26,3	-	-	-164,4	-	-
4	15	146	146	19,0	-	-	-145,4	-	-
5	11	147	171	17,4	-	-	-128,0	-	-
6	14	147	150	1,8	-	-	-126,2	-	-
7	20	147	177	35,1	-	-	-91,1	-	-
8	22	156	170	65,0	-	-	-26,1	-	-
9	12	160	198	16,3	34,4	-	-9,8	16,3	-
10	17	168	188	32,0	-	-	22,2	-	-
11	19	171	196	0,7	35,1	-	22,9	0,7	-
12	21	176	191	12,2	-	-	35,1	-	-
13	23	177	210	7,6	42,7	-	42,7	7,6	-
14	18	184	197	11,5	54,2	-	54,2	11,5	-
15	25	186	199	6,9	61,1	-	61,1	6,9	-
16	28	186	203	7,3	68,4	-	68,4	7,3	-
17	29	185	225	3,2	71,6	-	71,6	-	21,3
18	24	188	212	4,1	75,7	-	75,7	4,1	-
19	26	189	204	8,9	84,6	-	84,6	8,9	-
20	32	192	212	12,9	97,5	-	97,5	12,9	-
21	30	195	202	10,1	-	10,1	107,6	10,1	-
22	27	196	198	4,3	-	14,4	111,9	4,3	-
23	33	197	219	12,7	-	27,1	124,6	12,7	-
24	36	198	209	2,3	-	29,4	126,9	2,3	-
25	34	198	203	5,7	-	35,1	132,6	5,7	-
26	31	202	223	4,2	-	39,3	136,8	-	25,5
27	37	203	210	2,8	-	42,1	139,6	2,8	-
28	39	203	248	5,1	-	47,2	144,7	-	30,6
29	40	205	216	13,7	-	60,9	158,4	13,8	-
30	35	209	216	7,2	-	68,1	165,6	2,6	-
31	38	212	217	5,3	-	73,4	170,9	5,3	-
32	43	212	224	27,2	-	100,6	198,1	-	57,8
33	45	213	237	60,3	-	160,9	258,4	-	118,1
34	41	216	220	2,3	-	163,2	260,7	2,3	-
35	44	216	240	14,8	-	178,0	275,5	-	132,9
36	47	216	226	2,5	-	180,5	278,0	-	135,4
37	42	217	219	4,9	-	185,4	282,9	-	-
38	46	220	288	4,9	-	190,3	287,8	4,9	140,3
<b>TOTAL</b>					<b>97,5</b>	<b>190,3</b>	<b>287,8</b>	<b>143,0</b>	<b>140,3</b>

Fonte: Adaptado de Wiendahl (1995)

Os valores pontilhados na Tabela 1 representa o P, que se inicia no número 21 e estende-se até o número 38 da (coluna

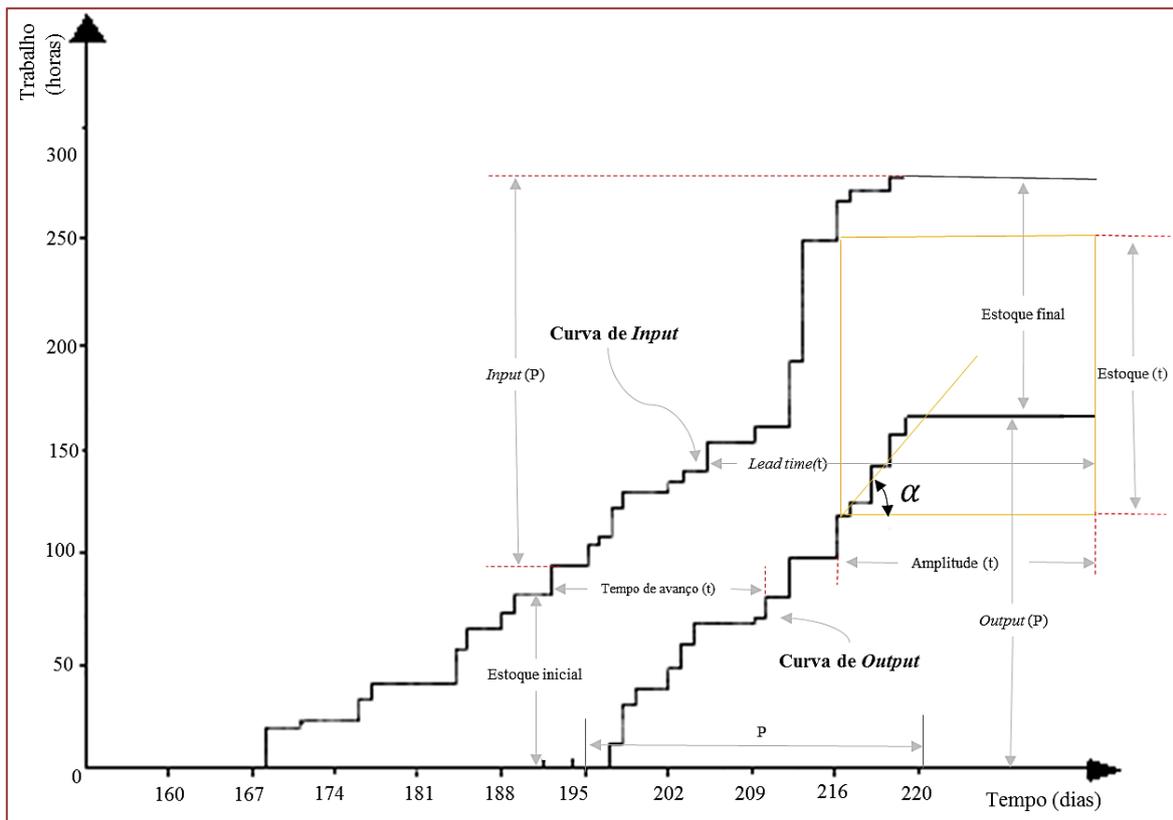
“Número da ordem”). Sendo assim, o P corresponde a aproximadamente duas semanas, a partir do dia 195 até o dia 220.

Para a construção do TD é necessário determinar o estoque inicial para o primeiro dia do P (WIENDAHL, 1995). Conforme os valores apresentados na Tabela 1, o valor do estoque inicial para o primeiro dia de P é de 97,5 horas (coluna “Estoque até o final do SCD 195 (horas)”), esse valor representa o início da curva de entrada.

Os valores referentes as datas de entrada do P determinam a curva de entrada e, conforme

os valores apresentados na coluna “Entrada do dia SCD 195 até o dia 220 (horas)”, o valor total de entrada no P foi de 190,3 horas. A soma do valor total de entrada no P e do valor do estoque inicial determina o ponto final da curva de entrada, que nesse caso é de 287,8 horas. A Figura 4 apresenta o TD dos valores apresentados na Tabela 1.

Figura 4 - Construção do Throughput Diagram



Fonte: Adaptado de Wiendahl (1995)

A partir das curvas apresentadas na Figura 4, é possível realizar várias análises. O estoque do centro de trabalho em um momento arbitrário (t) pode ser determinado por uma linha vertical, paralela ao eixo das ordenadas no gráfico que denominamos de Estoque (t).

A partir dos dados apresentados na Tabela 1, considera-se o seguinte exemplo: A coluna “Entrada cumulativa geral” na linha 37, cujo valor de entrada para este dia é de 282,9 horas. Já na coluna “Saída entre SCD 195 a 220”, para obter o valor de saída para este dia, subtrai-se as horas de saída reportadas entre os dias 220 e 217 (as ordens 41, 42 e 33). A partir disso, o valor da curva de saída

para o dia 217 é:  $143,0 - (2,3 + 4,9 + 12,7) = 123,1$  horas. Portanto, o estoque para este dia é de  $282,9 - 123,1 = 159,8$  horas.

Através do desenho de outras duas linhas horizontais no TD, apresentadas na Figura 5, é possível a determinação do lead time (LT) e do Tempo de Avanço (TA). O LT, nesse caso, é definido como o tempo necessário para que o último o último produto seja processado no tempo t. Já o TA é a diferença, em horas, entre a curva de entrada e a curva de saída no tempo t.

Para exemplificar esses conceitos, os dados da Tabela 1 serão utilizados. Aleatoriamente, escolhe-se a ordem 35, nota-se que, a sua

data de entrada é 209 e sua data de saída 216. Portanto, o LT é sete dias.

As próximas subseções apresentarão os cálculos para obtenção do desempenho médio, capacidade média e utilização média.

### 2.1.1. DESEMPENHO MÉDIO ( $D_{\text{médio}}$ )

O  $D_{\text{médio}}$  é expresso como a razão entre os valores totais de saída em um período  $t$  sobre um período de referência  $t$ . Analogamente,  $D_{\text{médio}}$  pode ser representado como a tangente de um ângulo  $\alpha$ , formado entre curva de saída e uma reta que representa o período  $t$ . O  $D_{\text{médio}}$  é expresso, matematicamente, pela Equação 3:

$$\tan \alpha = D_{\text{médio}} = \frac{OUT}{P} \quad (\text{Equação 3})$$

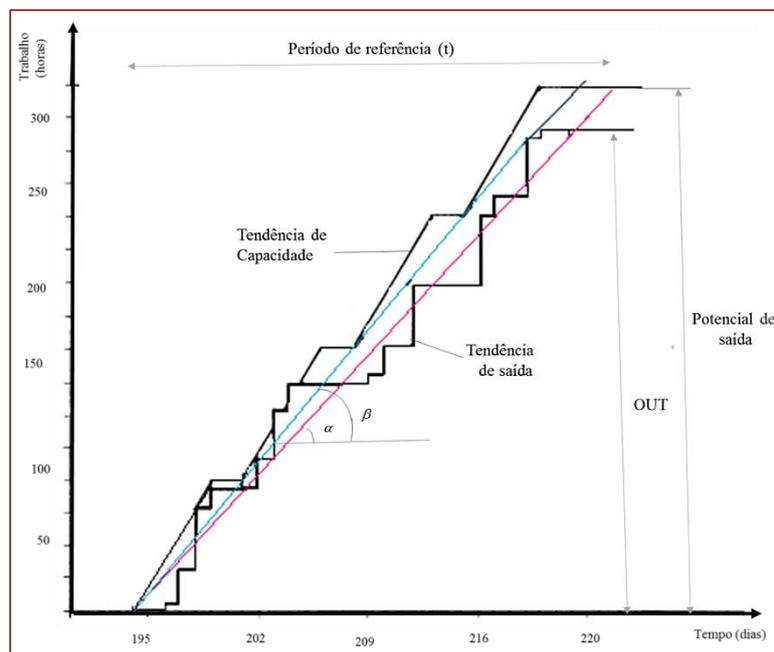
Onde:

OUT = valores das saídas no período de referência  $t$  (horas);

P = período de referência  $t$  (dias)

De acordo com Wiendahl (1995), o cálculo do  $D_{\text{médio}}$  é realizado a partir dos valores da curva de saída (OUT) de um dado centro de trabalho. Com o objetivo de ilustrar essa afirmação, analisou-se a Tabela 1. A partir das análises, verificou-se que, o tempo de saída total no P foi de 143 horas no intervalo de 20 dias. Dessa forma, temos que o  $D_{\text{médio}}$  é de 7.2 horas. A relação geométrica descrita sobre o  $D_{\text{médio}}$  encontra-se ilustrado na Figura 5.

Figura 5 - Desempenho médio, capacidade média e utilização média



Fonte: Adaptado de Wiendahl (1995)

### 2.1.2. CAPACIDADE MÉDIA ( $C_{\text{médio}}$ )

O potencial de saída, isto é, a capacidade está representada na Figura 5. No exemplo, assumiu-se que o centro tem capacidade de 8 horas por dia. De acordo com Wiendahl

(1995), a  $C_{\text{médio}}$  em P pode ser interpretada como uma linha reta com o ângulo de inclinação  $\beta$ . Dessa maneira, pode-se

calcular  $C_{média}$  de acordo com a seguinte expressão:

$$C_{média} = \tan \beta = \frac{PS}{t} \quad (\text{Equação 4})$$

Onde:

PS = Potencial de saída

A  $C_{média}$  pode ser relacionada com os dias de trabalho produtivos (valor da capacidade diária - 8 horas por dia de trabalho). Portanto,

PS é o produto entre a  $C_{média}$  e do P, como demonstrado na Equação 5.

$$PS = t.C_{média} \quad (\text{Equação 5})$$

Considerando os dados utilizados para este exemplo, temos:

$$PS = 20 \times 8 = 160 \text{ horas}$$

### 2.1.3 UTILIZAÇÃO MÉDIA ( $U_{médio}$ )

Este cálculo foi baseado no pressuposto de que as horas efetivamente processadas correspondem ao tempo de término. De acordo com Wiendahl (1995), a  $U_{média}$  é a razão entre o  $D_{médio}$  e a  $C_{média}$ .

$$U_{média} = \frac{D_{médio}}{C_{média}} \quad (\text{Equação 6})$$

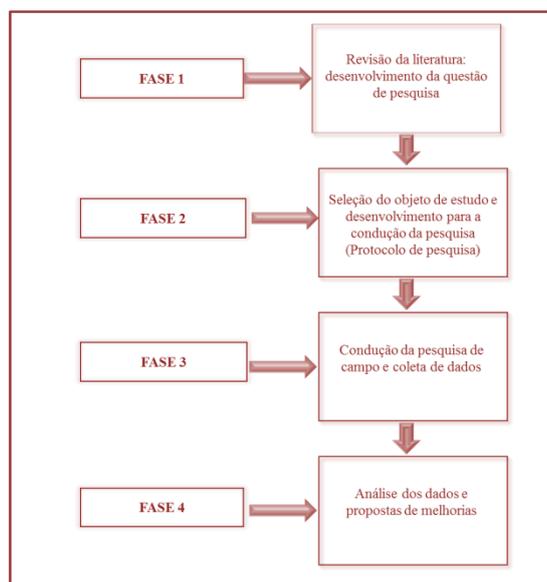
De acordo com os valores da Tabela 1, a  $U_{média}$  do centro de trabalho é de 90%. A próxima sessão apresentará a aplicação do TD através de um estudo de caso.

## 3. ESTUDO DE CASO

### 3.1. MÉTODO DE PESQUISA

Visando-se a aplicação do TD, utilizou-se o método de estudo de caso, pois é de natureza empírica e trata-se de uma análise aprofundada de um caso para que se permita seu amplo e detalhado conhecimento (MIGUEL, 2007). A Figura 6 apresenta os estágios utilizados no processo de condução da pesquisa seguindo os passos de Stuart et al. (2002).

Figura 6 - Estágios para o desenvolvimento da pesquisa



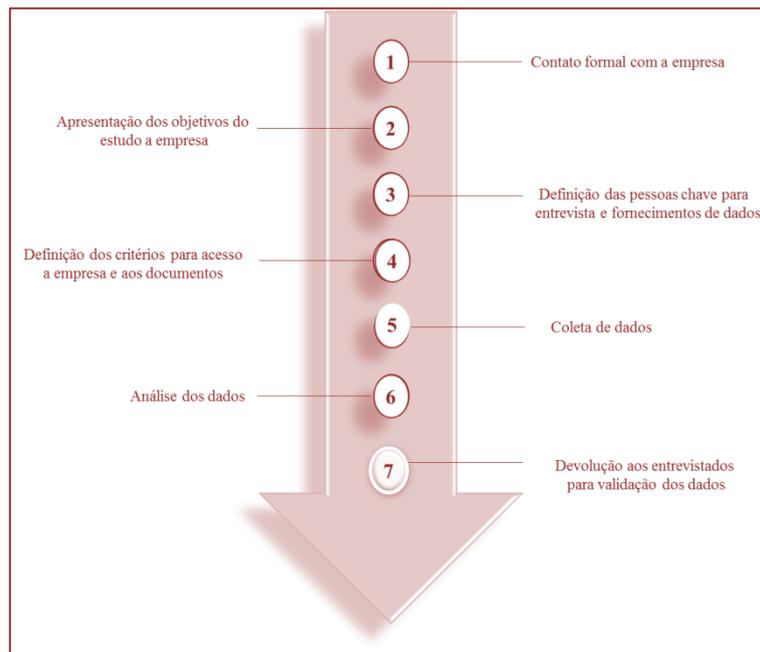
Fonte: Adaptado de Stuart et al. (2002)

A questão de pesquisa foi definida após a revisão da literatura, como aconselhado por alguns autores (EISENHARDT, 1989; SCHMENNER; SWINK, 1998; STUART et al., 2002) e, a partir disso, definiu-se a questão de pesquisa: “Como a aplicação do TD pode contribuir para a melhoria das decisões de PCP?”

A oficina de manutenção de aeronaves foi escolhida por: a) comportar-se como MTO

(STEVENSON; HENDRY; KINGSMAN, 2005); b) o prazo de entrega sofre uma grande pressão de clientes internos (aeronave no chão é prejuízo) e; c) pela disponibilidade de dados. A Figura 7 apresenta as sete etapas utilizadas nesta pesquisa para uma efetiva condução da coleta de dados e sua respectiva validação, seguindo as recomendações de Yin (1989)

Figura 7 - Síntese das etapas para a condução da pesquisa



Fonte: Elaborado pelos autores

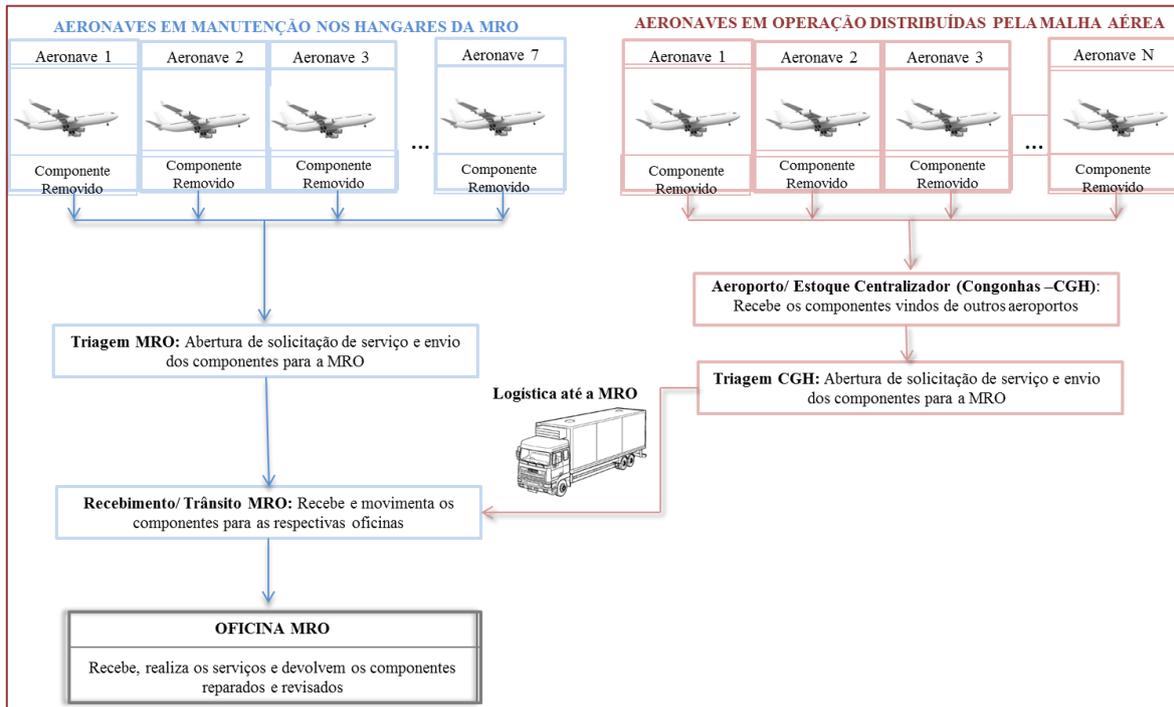
Com relação às fontes de dados, esta pesquisa utilizou, conforme indicado por Barrat et al (2011): entrevistas semiestruturadas; observação com visitas técnicas e participação em reuniões; documentos do organograma, registros do atraso dos pedidos, e relatórios. As fontes de dados foram trianguladas, a fim de aumentar a confiabilidade e deixar mais robustas as fundamentações e as construções das preposições (EISENHARDT, 1989; LEONARD-BARTON, 1990; VOSS; TSIKRIKTSIS; FROHLICH, 2002). Os dados obtidos correspondem a ordens finalizadas entre o período entre janeiro e março de 2014, considerando 1.579 ordens. Todos os dados

foram tabulados e analisados através de planilhas eletrônicas.

### 3.2. CARACTERIZAÇÃO DA UNIDADE DE ESTUDO: OFICINA DE COMPONENTES ELETRÔNICOS

A oficina de componentes eletrônicos é responsável pela manutenção de 323 part numbers e opera em apenas um turno e conta com 24 funcionários. A origem da demanda dos componentes aeronáuticos para a realização da manutenção encontra-se ilustrado na Figura 8.

Figura 8 - Origem da demanda dos componentes aeronáuticos



Fonte: Adaptado de Zonta (2013)

A próxima sessão apresenta os resultados e as análises da aplicação do TD na oficina em questão.

#### 4. RESULTADOS

#### 4.1. APLICAÇÃO DO THROUGHPUT DIAGRAM

A aplicação do TD e os resultados são apresentados a seguir para cada mês analisado. Os valores para a construção do TD para os meses de janeiro, fevereiro e março encontram-se na Tabela 2.

Tabela 2 - Dados para a construção dos Throughput Diagrams

	Janeiro	Fevereiro	Março
Ponto inicial de entrada (horas)	1.114,98	4.032,97	7.140,02
Curva de entrada (horas)	2.917,99	3.107,05	2.696,05
Curva de saída (horas)	2.909,80	2.978,31	2.949,91

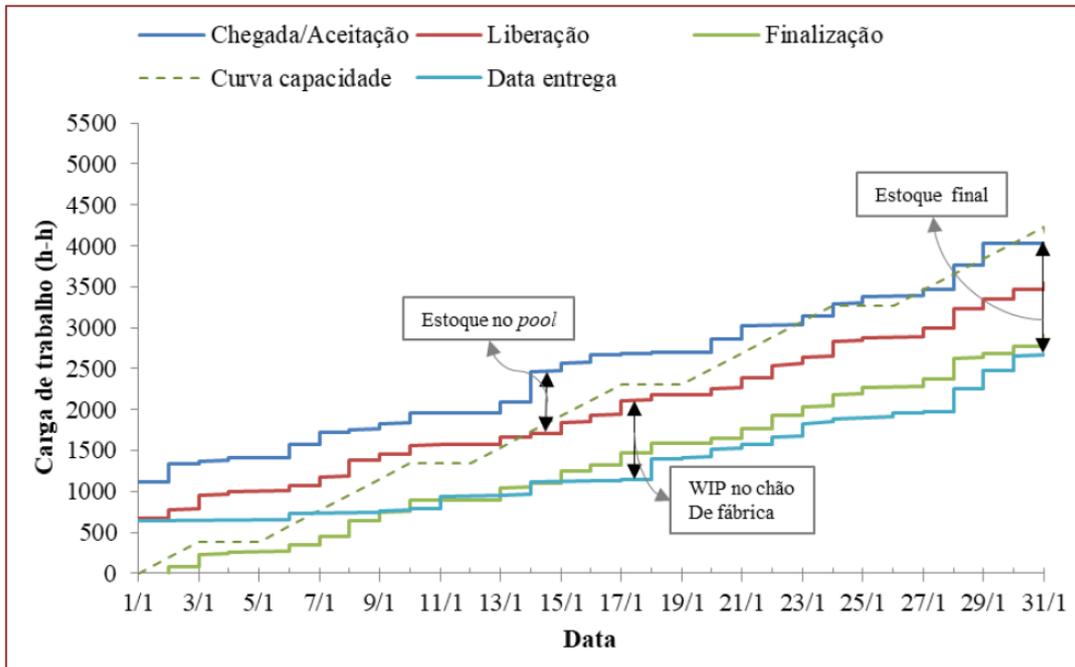
Fonte: Elaborado pelos autores

Para o mês de janeiro, foram consideradas todas as ordens que estavam registradas no sistema e que não haviam sido concluídas até o primeiro dia do mês de janeiro. As Figuras 9, 10 e 11 representam respectivamente, os TD dos meses de janeiro, fevereiro e março. Para a realização da comparação entre os meses analisados, foi utilizada a mesma escala de carga de trabalho.

As curvas denominadas “Curva capacidade” nas Figuras 9, 10 e 11 variam de acordo com

as horas disponíveis para a conclusão das ordens de cada mês. Já as curvas denominadas “Data entrega” são utilizadas para comparar a data de entrega prometida ao cliente e a data que a ordem foi finalizada representada pelas curvas denominadas “Finalização”. Essa comparação entre as duas curvas é utilizada para revisar os atrasos existentes no período.

Figura 9 - Análise do mês de janeiro 2014

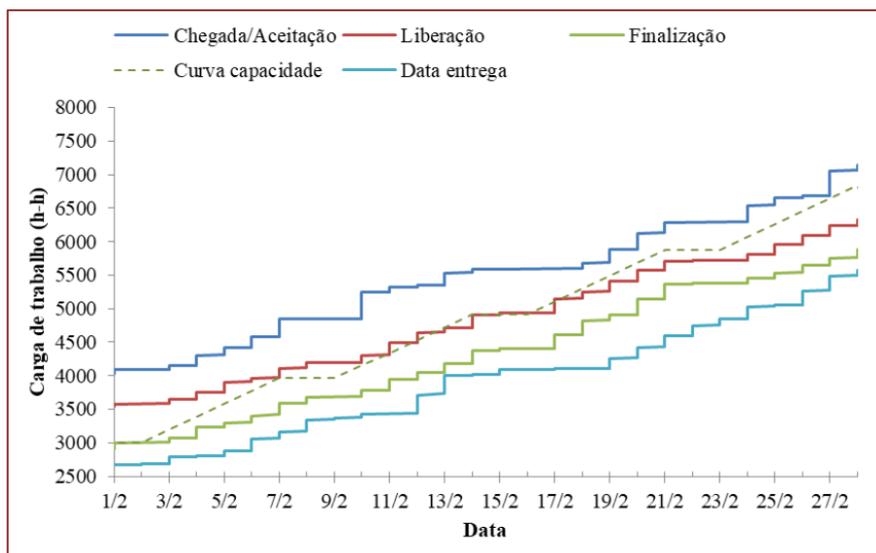


Fonte: Elaborado pelos autores

De acordo com a Figura 9, existem algumas relações que pode ser extraída dos comportamentos entre as curvas. O valor da distância vertical entre a curva denominada "Chegada/Aceitação" e a curva denominada "Liberação" representa o estoque no pool. O valor da distância vertical entre a curva denominada "Liberação" e a curva

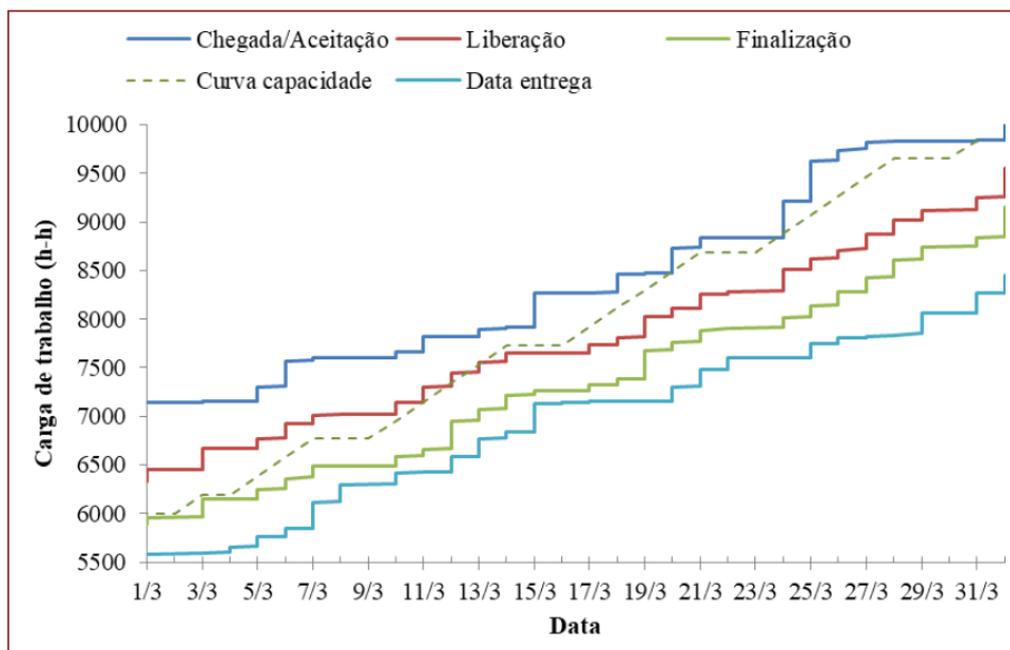
denominada "Data entrega" representa o estoque em processo (WIP) no chão de fábrica. O estoque final de um período pode ser obtido pela diferença em módulo entre as curvas denominadas "Data entrega" e "Chegada/Aceitação". As relações apresentadas de acordo com a Figura 9 são as mesmas para as Figuras 10 e 11.

Figura 10 - Análise do mês de fevereiro 2014



Fonte: Elaborado pelos autores

Figura 11 - Análise do mês de março 2014



Fonte: Elaborado pelos autores

A partir de cada TD de cada mês, foram realizados cálculos para a determinação de

alguns valores conforme apresentado na sessão 2 e encontram-se na Tabela 3.

Tabela 3 – Valores de acordo com throughput diagram de cada mês

	Janeiro	Fevereiro	Março
Ponto inicial de entrada (horas)	1.114,98	4.032,97	7.140,02
Curva de entrada (horas)	2.917,99	3.107,05	2.696,05
Curva de saída (horas)	2.909,80	2.978,31	2.949,91
Estoque final (horas)	1.123,17	1.251,91	998,05
Desempenho médio (homem x hora/dia)	93,86	106,37	95,16
Estoque médio (horas)	1.176,75	1.138,41	1.072,06
Capacidade média (homem x hora/dia)	136,26	137,14	123,87
Utilização média	68,89%	77,56%	76,82%
Lead time (dias)	22,05	14,53	16,01

Fonte: Elaborado pelos autores

Em fevereiro, o sistema teve o maior ingresso de carga de trabalho, apesar dos três meses apresentarem valores muito próximos. Outro ponto a se destacar é a quantidade de trabalhos finalizados cujo valor foi levemente maior em fevereiro. Observa-se de acordo com os dados da Tabela 3, que o estoque final obteve o menor valor no mês de março. No entanto, o estoque médio manteve níveis semelhantes ao longo dos três meses.

A percentual de utilização nos meses de fevereiro (77,56%) e março (76,82%) foi maior em relação ao mês de janeiro (68,89%). É interessante destacar a redução do lead time que chegou a 34% em fevereiro e de 27% em março em comparação a janeiro.

Os valores para o WIP e para o estoque no pre-shop pool dos meses de janeiro, fevereiro

e março são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 - Análise da liberação de ordens

<b>Análises</b>	<b>Janeiro</b>	<b>Fevereiro</b>	<b>Março</b>
WIP inicial (horas)	673,82	636,36	440,47
Liberado (horas)	3.359,15	3.593,85	3.507,49
WIP médio ((horas)	656,13	495,54	459,47
WIP final (horas)	636,36	440,47	412,28
Estoque <i>Pool</i> (horas)	441,17	486,8	811,44
Estoque médio <i>Pool</i> (horas)	520,62	642,87	612,59

Fonte: Elaborado pelos autores

De acordo com os valores apresentados na Tabela 4, destaca-se o aumento na liberação de carga de trabalho nos meses de fevereiro e março, essa ação visava a minimização da carga de trabalho no WIP. Com resultado, desse aumento da carga média no pre-shop pool, pois o nível de estoque se manteve constante como observado na Tabela 3. A próxima sessão apresenta a discussão dos resultados apresentados nesta sessão.

#### 4.2. ANÁLISE E DISCUSSÃO

Identificou-se que no mês de janeiro, os valores da liberação das ordens eram maiores no WIP do que pre-shop pool. Essa situação reflete a existência de matérias primas para a realização das ordens, no entanto; a manutenção da ordem não era realizada devido a chegada de novas ordens (peças) e devido ao sistema de autorização entre os processos.

O processo de liberação de ordens ocorria mesmo com a falta de matérias-primas, pois era levado em consideração a prioridade atribuída à peça segundo a importância para a manutenção da aeronave. O atraso acumulado das ordens foi levemente superado para o mês de janeiro. No entanto, as análises a partir da Figura 9 só permitiam uma análise gráfica do total agregado.

Com relação ao mês de fevereiro, verificou-se que a liberação começou a ser ajustada com o objetivo de reduzir o nível médio de WIP. Essa liberação de ordens se manteve ajustada no mês de março, embora a carga entrante tivesse valores mais dispersos. Essa mudança na liberação das ordens foi

responsável pela redução no lead time e pelo ajuste do nível médio de WIP.

A mudança do sistema de gerenciamento das ordens que considerar tanto as matérias-primas quanto às regras de priorização utilizadas permitiu as reduções citadas no parágrafo anterior. Salienta-se que essas medidas foram tomadas a partir das análises gráficas resultantes do throughput diagram (Figura 9).

No mês de março observou-se que além dos resultados observados no mês de fevereiro houve ainda, uma maior folga entre a data de finalização e a data de entrega das ordens de forma acumulada. A próxima sessão apresenta as conclusões a respeito do trabalho.

#### 5. CONCLUSÃO

O throughput diagram apresenta uma visão agregada do comportamento das ordens ao longo do tempo. Dessa forma, o TD apresenta como as decisões de PCP afetam o desempenho, desde as variáveis de decisão.

Com relação ao estudo de caso apresentado, a decisão que mais influenciou o comportamento das ordens foi o processo de liberação das ordens de trabalho. Além disso, o TD é uma ferramenta muito útil, pois sua aplicação permite uma análise das ordens de forma agregada. Apesar da existência de uma alta variedade entre os tipos de ordens de manutenção (peças) o TD permitiu que fossem analisadas várias variáveis.

Através do TD, foi possível analisar de acordo com o comportamento entre as curvas como

essa liberação de ordens afetou o lead time e, por sua vez, o atraso acumulado das ordens.

Para as pesquisas futuras, indica-se que a aplicação do Throughput Diagram por um período maior de análises e que as informações do Throughput Diagram sejam

utilizadas pelo PCP para rastrear as decisões de PCP com o objetivo de verificar como essas decisões influenciam as datas de entrega. Tendo em vista que, os atrasos podem ocorrer durante a realização do processo ou de acordo com a determinação errônea da data de entrega.

## REFERÊNCIAS

- [1] BECHTE, Wolfgang. Load-oriented manufacturing control just-in-time production for job shops. *Production Planning & Control*, v. 5, n. 3, p. 292-307, 1994.
- [2] BECHTE, Wolfgang. Theory and practice of load-oriented manufacturing control. *The International Journal of Production Research*, v. 26, n. 3, p. 375-395, 1988.
- [3] EISENHARDT, Kathleen M. Building theories from case study research. *Academy of management review*, v. 14, n. 4, p. 532-550, 1989.
- [4] KINGSMAN, Brian; HENDRY, Linda. The relative contributions of input and output controls on the performance of a workload control system in make-to-order companies. *Production planning & control*, v. 13, n. 7, p. 579-590, 2002.
- [5] LAND, M.; GAALMAN, G. Workload control concepts in job shops a critical assessment. *International Journal of Production Economics*, v. 46, p. 535-548, 1996.
- [6] LAND, Martin Jaap et al. Workload control in job shops, grasping the tap. University Library Groningen, 2004.
- [7] LEONARD-BARTON, Dorothy. A dual methodology for case studies: Synergistic use of a longitudinal single site with replicated multiple sites. *Organization science*, v. 1, n. 3, p. 248-266, 1990.
- [8] MIGUEL, P. A. C. Estudo de caso na engenharia de produção: estruturação e recomendações para a sua condução. *Revista Produção*; v. 17, n. 1, p. 216-229, 2007.
- [9] SCHMENNER, Roger W.; SWINK, Morgan L. On theory in operations management. *Journal of Operations Management*, v. 17, n. 1, p. 97-113, 1998.
- [10] SOEPENBERG, G. D.; LAND, M. J.; GAALMAN, G. J. C. A framework for diagnosing the delivery reliability performance of make-to-order companies. *International Journal of Production Research*, v. 50, n. 19, p. 5491-5507, 2012.
- [11] SOEPENBERG, G. D.; LAND, Martin; GAALMAN, Gerard. The order progress diagram: A supportive tool for diagnosing delivery reliability performance in make-to-order companies. *International Journal of Production Economics*, v. 112, n. 1, p. 495-503, 2008.
- [12] STEVENSON, Mark; HENDRY, Linda C.; KINGSMAN†, B. G. A review of production planning and control: the applicability of key concepts to the make-to-order industry. *International journal of production research*, v. 43, n. 5, p. 869-898, 2005.
- [13] STUART, I.; MCCUTCHEON, D.; HANDFIELD, R.; MCLACHLIN, R.; SAMSONS, D. Effective case research in operations management: a process perspective. *Journal of Operations Management*, v. 20, n. 5, p. 419-433, 2002.
- [14] THÜRER, M.; GODINHO FILHO, M. Redução do lead time e entregas no prazo em pequenas e médias empresas que fabricam sob encomenda: a abordagem Workload Control (WLC) para o Planejamento e Controle da Produção (PCP). *Gestão e Produção*, v. 19, n. 1, 2012.
- [15] VOSS, Chris; TSIKRIKTSIS, Nikos; FROHLICH, Mark. Case research in operations management. *International Journal of Operations & Production Management*, v. 22, n. 2, p. 195-219, 2002.
- [16] WIENDAHL, H. Load-Oriented Manufacturing Control. Berlim, Alemanha: Springer-Verlang. 1995.
- [17] YIN, Robert K. Case study research: Design and methods, revised edition. *Applied Social Research Methods Series*, v. 5, 1989.
- ZONTA, L. Propostas de melhorias no planejamento e controle da produção de uma empresa de manutenção aeronáutica. 2013. 77p. Monografia (Especialização em Engenharia de Produção) - Departamento de Engenharia de Produção, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012.

# Capítulo 16

## PROJETO E DESENVOLVIMENTO DE UM NOVO PRODUTO: APLICADOR EFICIENTE DE LOÇÃO CAPILAR

*Amanda Queiroz de Moraes*

*Millayne Nogueira Medeiros*

*Wellerson Melo Mota*

*João Paulo Rocha Pereira*

*Iago Bezerra Pereira*

**Resumo:** Para o crescente mercado de cosméticos capilares, a criação de novos produtos se torna uma oportunidade para atender as necessidades de demandas específicas. O processo de desenvolvimento de produto (PDP) associa procedimentos que traduzem uma oportunidade de negócio em um item de consumo que supre as necessidades do cliente e os objetivos estratégicos da empresa. A ideia de produto analisada neste artigo é de um aplicador/massageador de loções específicas para o couro cabeludo, que atenderia esse mercado que percebe o problema da aplicação eficiente destas loções. Com as ferramentas do PDP, foi possível verificar a importância da criação deste novo produto, listar os principais problemas da aplicação de loções capilares e, por fim, estipular o preço desse produto de acordo com análise de valor, tendo como base produtos já conhecidos pelo mercado.

**Palavras-chave:** PDP, cosméticos, Massageador

## 1 INTRODUÇÃO

O uso de cosméticos tem crescido e suas variações são incontáveis, alguns são utilizados por fins medicinais, por questões de higiene ou por questão estética. Produtos capilares tem um grande mercado e atualmente é comum encontrar lojas específicas deste ramo.

Com as informações disponíveis e produtos mais acessíveis, as redes sociais colaboram para o público de loção capilar, fazendo com que as pessoas interessadas nesses produtos possam tirar dúvidas, trocar experiências, comentar sobre os produtos e dar opinião. Com o auxílio das redes sociais o presente estudo foi aplicado e verificado a dificuldade de aplicação de alguns produtos específicos, e a firmar a importância para o desenvolvimento de um aplicador eficiente e seguro.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta seção será abordado de forma teórica as etapas de desenvolvimento de um novo produto e informações sobre produtos capilares para o desenvolvimento de um novo produto.

### 2.1 PROJETO E DESENVOLVIMENTO DE UM NOVO PRODUTO

“Entende-se como Desenvolvimento de Novos Produtos toda ação ou processo total de estratégia, geração de conceito, avaliação do plano de produto e de marketing e comercialização destinado à implementação de uma nova oferta.” (TONI; MILAN; SCHULER, 2005; apud CRAWFORD, 1997).

É importante o planejamento e o surgimento de um novo produto é uma tarefa complexa e de alto risco. Um produto que não foi aceito pelo mercado pode trazer prejuízos irreparáveis para a empresa ou desenvolvedor. A implementação de um novo produto é uma fonte de concorrência e vantagem diante do mercado competitivo. (TONI; MILAN; SCHULER, 2005)

#### 2.1.1 ETAPAS DO PROJETO E DESENVOLVIMENTO DE UM NOVO PRODUTO

A execução de procedimentos planejados e coerentes, de acordo com Park e Zaltman

(1987), é como apoio estratégico para o processo decisivo, trazendo mais chances de sucesso com o produto novo comparada a uma empresa que não siga tal procedimento, considerando ainda que ideias e oportunidades de mercado que não são guiadas de forma correta, podem tornar-se ameaças para a empresa.

O desenvolvimento de novos produtos seguem 5 etapas na execução (FARIA, 2007):

- a) Geração do conceito
- b) Projeto preliminar.
- c) Projeto detalhado e protótipo.
- d) Definição do custo e processo de produção
- e) Transformando ideias em negócios

A primeira etapa consiste em voltar-se para o mercado para tentar identificar necessidades/problemas dos clientes.

O projeto preliminar, segunda etapa, deve ser feito com atenção, considerando que decisões erradas podem gerar altos custos e podem ser difíceis de se corrigir. Nesta fase pode-se definir medidas do produto, esboço de modelos. O conceito do produto é importante segundo Haag (1998), pois, ele permite que o mesmo possa ser diferenciado dos outros produtos existentes que são concorrentes.

Na fase de projeto detalhado e protótipo pode-se definir a forma geométrica, assim como tipos de materiais são especificados. Uma avaliação mais detalhada é feita, o modelo pode sofrer alteração para se adaptar a processos e/ou a ergonomia. Kotler (2000) cita que os profissionais mercadológicos devem fornecer informações aos responsáveis pelo desenvolvimento de produtos sobre o que os consumidores buscam, valorizam e como avaliam os atributos presentes no produto.

A definição de custos mostra o preço unitário de cada material necessário, assim como pode mostrar sua participação em porcentagem no valor do produto total. De acordo com Kotler (2000), a estimativa de vendas e estimativa de custos e lucros, auxiliam na verificação da atratividade do produto.

A transformação de ideia em negócio pode ser auxiliada por teste de mercado, que segundo Park e Zaltman (1987) possui como objetivos obter estimativa sobre vendas e

possibilidade de tornar gerentes capazes de gerir informações na produção e tomar decisões, desenvolver ambiente real para auxiliar no posicionamento estratégico.

## 2.2 FERRAMENTAS UTILIZADAS PARA PROJETO E DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO

De acordo com Toledo (1991), o PDP tem como objetivo a criação de um produto que cumpra com a necessidade do mercado, com custos adequados, com um tempo conforme e com a produção o mais simplificada possível.

Para alcançar tais objetivos são indispensáveis os usos de ferramentas para o planeja, projetar e implantar com sucesso esse novo produto.

### 2.2.1 DIAGRAMA FAST

De acordo com Basso (1991), o diagrama FAST consiste em uma técnica que busca o reconhecimento lógico e organizado do inter-relacionamento entre as utilidades fundamentais do produto, que terão de serem atingidas para o total cumprimento do objetivo do projeto.

A elaboração do diagrama do método FAST pode ser aplicada com sucesso, seguindo os passos de elaborar "lista de funções" como todas as possibilidades de funções que podem ser realizadas pelo produto; Levantar questionamentos empregando as expressões "como" e "porquê"; e testar as respostas obtidas pelo passo anterior, buscando atingir uma lógica no processo (GALLO, 2012).

## 2.3 PRODUTOS CAPILARES

Os produtos capilares são utilizados tanto no tratamento nos salões de beleza quanto em casa pelos próprios consumidores. Segundo pesquisas, em 2007, esse tipo de cosmético já apresentava um faturamento médio de U\$490 milhões por ano, o que representa um grande mercado. (EMILIANO, 2008)

Segundo Nakano (2006) o uso de cosméticos que são direcionados para o cabelo, são utilizados em funções como: pintar, alisar, descolorir, hidratar e várias outras formas de utilização que auxiliam a melhorar a aparência, de acordo com cada tipo de cabelo.

## 3 MERCADO-ALVO

Dado o uso crescente de loções e tônicos capilares que necessitam de uma atenção maior em sua aplicação, o massageador e aplicador de loção vem atender a necessidade deste nicho de mercado.

Loções e derivados necessitam de um cuidado especial relacionado a aplicação, pois necessitam que haja uma massagem no local de aplicação para maior absorção do produto e é necessário uma atuação rápida visto sua rápida evaporação.

Junto com o desenvolvimento deste produto, há a possibilidade de criação de um mercado específico para cartuchos diferenciados destes tipos de loções, bem como de diferentes aplicadores para loções de viscosidade diferente das trabalhada atualmente.

Logo, pode-se haver o desenvolvimento junto com a indústria farmacêutica no futuro de uma especialização deste produto.

## 4 PESQUISA DE MERCADO

Para pesquisa de mercado foi aplicado em um grupo em uma rede social de utilização específica de produtos capilares afim de ter como público apenas pessoas que fazem, fizeram ou tem interesse em fazer uso de produtos capilares.

O grupo contém um número de 21 mil participantes dos quais não há controle sobre quantos ativos permanecem alimentando a rede, de acordo com o site

<<https://pt.surveymonkey.com/mp/sample-size-calculator/>> para uma população deste tamanho com uma margem de 5% de erro e 95% de grau de confiança a amostra necessária é de 378 participantes devido a baixa participação dos integrantes do grupo foram recolhidas 32 respostas que estão categorizadas na planilha apêndice B.

O perfil dos participantes da pesquisa é de 53% de mulheres e 47% de homens, estes apesar de ter uma maior tendência a calvície, demonstram ter menos vaidade sobre a perda de cabelos e uma faixa etária média de 25,12 anos com variação entre 19 e 36 anos de idade.

Para uma melhor demonstração das dificuldades questionadas foram colocadas com a legenda descrita na Figura 1.

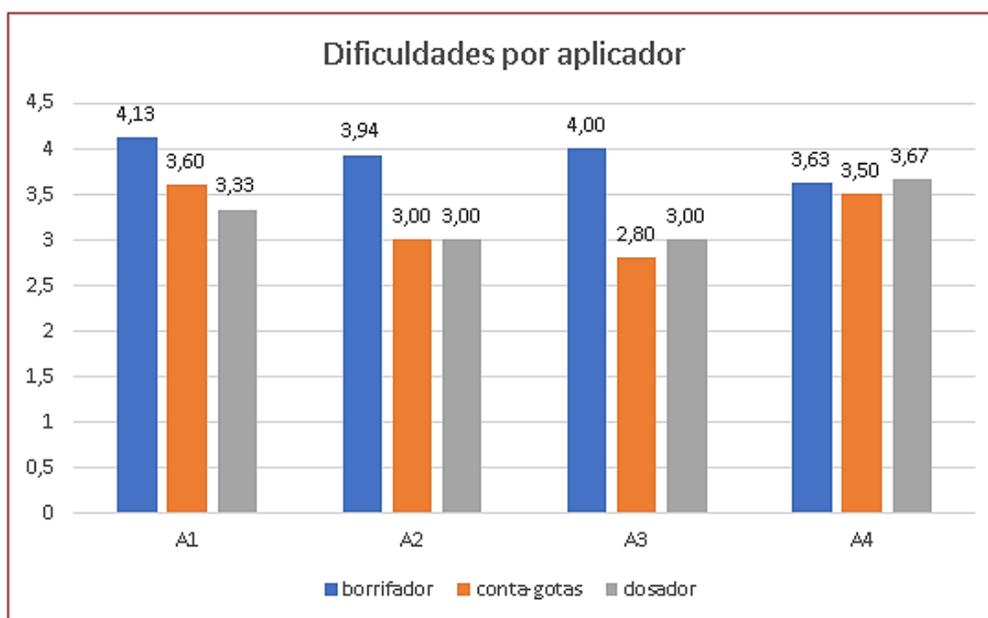
Figura 1: Legenda das dificuldades

dificuldade	legenda
Desperdício de loção	A1
Secagem acelerada da loção	A2
Dificuldade de aplicação na raiz	A3
Dificuldade em massagear o couro cabeludo para ativar a circulação local	A4

Fonte: Autores (2018)

Estratificando a amostra por tipo de aplicador obtemos as médias dadas as dificuldades apresentadas na Figura 2:

Figura 2: Dificuldades por aplicador



Fonte: Autores (2018)

Observando os dados, vemos que de cara o aplicador do tipo borrifador é o que apresenta maiores médias das quais a maior é o desperdício da loção, para o aplicador do tipo conta gotas a maior média da dificuldade também foi o desperdício, já para o do tipo dosador a maior média foi atribuída a massagem com intuito de estimular a circulação seguido pelo desperdício do produto, podemos inferir assim que o desperdício uma das principais preocupações entre os usuários.

Um problema que é visto na pesquisa é que a massagem para estimulação recebeu

consistentemente notas altas para os três aplicadores, isso pode ser explicado que nenhum ofereça tal serviço associado a aplicação.

Uma última identificação realizada por meio da pesquisa de mercado foi a que 78% das pessoas demonstraram interesse em comprar o aplicador separadamente a loção o que dá abertura para o desenvolvimento do produto.

Na Figura 3 estão organizados os graus de importância dado as características pelos participantes da pesquisa.

Figura 3: Graduação das características

Bom rendimento da loção	4,5
Facilitar o alcance da raiz	4,1875
Massagear para estimular a circulação	4,125
Pega confortável e fácil	3,875

Fonte: Autores (2018)

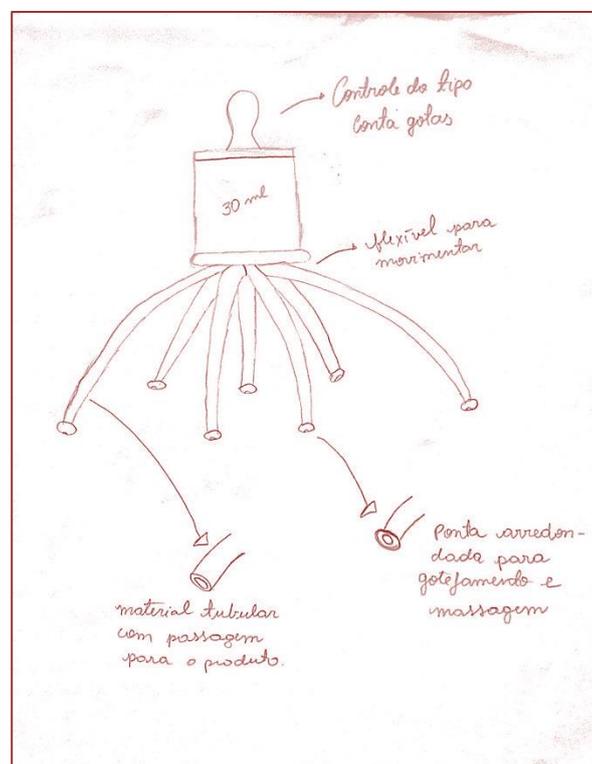
De acordo com a Figura 3, a característica de maior atratividade é o bom rendimento da loção, sendo a de menor interesse a pega confortável e fácil. É notável também que o alcance da raiz e a massagem para estimulação da raiz receberam em média notas altas, então tem grande importância também para o cliente

## 5 DESCRIÇÃO DO PRODUTO

O produto consiste em um conta gotas de gotejamento instantâneo, que irão expelir o

produto por dutos, onde esses dutos também farão a massagem pelas suas pontas arredondadas, massagem que será feita com o controle manual no topo do objeto. As gotas irão seguir dentro das hastes até a ponta arredondada, que estarão em contato com o couro cabeludo. Quando o usuário sentir a necessidade de liberação de mais produto na área em que a ponta está em contato, é só apertar o conta gotas. O modelo dessa ideia é visto na Figura 4.

Figura 4: Modelo conceitual do produto.



Fonte: Autores (2018).

A ideia surgiu com a dificuldade de fazer a utilização de produtos capilares que necessitam ser espalhados de maneira uniforme no couro cabeludo. Como o cabelo impede que o produto seja espalhado de forma eficiente foi pensado na adaptação de um produto já conhecido no mercado que é o massageador de cabeça. A adaptação vem como uma forma de auxiliar nessa tarefa de espalhar o produto na cabeça e já fazer a massagem no couro cabeludo ajudando ao produto a agir de maneira mais eficiente.

Uma das questões analisadas foi a utilização de produtos capilares na raiz do cabelo, que logo após aplicado diretamente no couro cabeludo, deve-se massagear a região aplicada. Com isso, pensou-se em acoplar as duas funções, no momento que o massageador encontra-se em contato com o couro cabeludo, o mesmo libera o produto, sendo mais prático e economizando tempo. Outro fator levado em questão, é a dificuldade de aplicação da loção sem desperdício do produto, pois, na aplicação convencional, boa parte do produto acaba sendo absorvida pelos fios, seja com uso de borrifador ou

aplicação direta do “bico” da embalagem. Com a aplicação por meio do massageador, o usuário sentiria quando eles estivessem em contato no local correto e então liberaria o produto, sendo mais fácil de espalhar e aplicar em toda a região.

A junção das funções não afetaria a pega, pois, dimensionalmente falando, seria acrescido ao massageador na parte superior um pequeno depósito que pode ser de capacidade de 30 ml ou até versões menores de 10 ml e 20 ml, e a pega seria na parte superior do depósito, que foi pensado ser um conta gotas, fácil de manusear.

Estratégias distintas: junção de mais de um produto para aplicação, utilização de outros materiais que auxiliam no momento da aplicação (Ex: pente), cabelo seco ou molhado.

Falhas de segurança do projeto: material fraco, limpeza inadequada que poderia estragá-lo. É visto na Figura 5 as funções, componentes e suas classificações quanto à hierarquia e finalidade.

Figura 5: Funções de um aplicador tônico com massageador

Classificação das funções de um aplicador de tônico com massageador					
Componente	Função	Básica	Secundária	Uso	Estima
aplicador	aplicar o tônico	x		x	
	economizar produto		x		x
massageador	massagear o couro cabeludo	x		x	
	Pega macia		x		x
	massagem sem agressão		x		x
cartucho	estocar o tônico		x	x	
	receber recargas		x		x

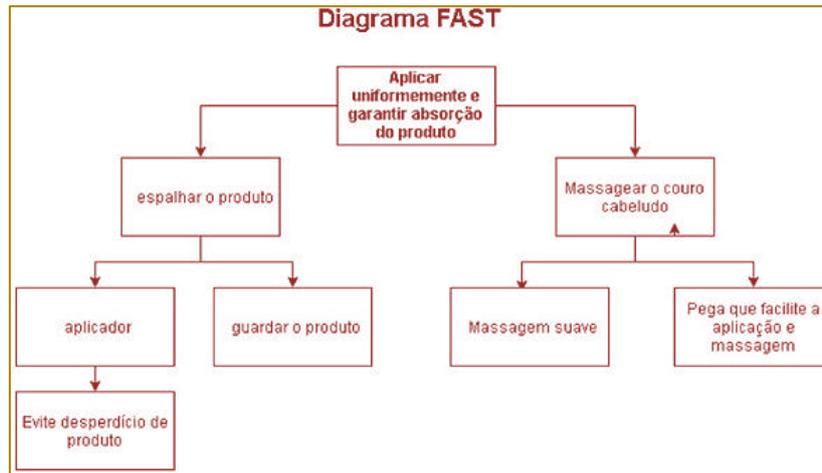
Fonte: Autores (2018)

Na Figura 6 visto no diagrama FAST (Function Analysis System Technique) a árvore de funções que de forma estruturada pode levar

a definição dos componentes do grupo. Sabendo que quanto mais ao topo do diagrama mais conceitual a visão, e quanto

mais para as extremidades mais voltado para o funcional do produto.

Figura 6: Diagrama FAST



Fonte: Autores (2018)

Desta forma, podemos então são verificados os componentes e requisitos envolvidos na produção do Massageador e aplicador de solução.

## 6 CARACTERÍSTICAS DO PRODUTO

Neste tópico será exposto algumas informações importantes referentes ao novo produto.

### 6.1 RESTRIÇÕES E PREMISSAS

O produto tem algumas restrições como: serve apenas para aplicar de forma eficiente produtos específicos que são líquidos pouco viscosos e o mesmo serve apenas para massagem capilar seu uso pode ser restrito a loções, soluções ou cosméticos capilares.

Dada a natureza alcoólica das soluções capilares o material de fabricação necessita ser inerte a tal tipo de solução, exemplos deste tipo de material são Vidro e PEAD (Polietileno de Alta Densidade). Visto a natureza do produto, o PEAD se apresenta mais viável por sua leveza, compatibilidade e menor risco de acidentes.

### 6.2 LISTA DE PRODUTOS CONCORRENTES

Como todo novo produto, os concorrentes são fortes por já haverem se estabelecido no mercado e o desenvolvimento de um aplicador específico é o diferencial.

Exemplos dos concorrentes atuais no mercado, ou seja, produtos que suprem as mesmas necessidades básicas.

### 6.3 PRINCIPAIS ENVOLVIDOS

Como stakeholders, ou partes interessadas, do projeto de desenvolvimento do produto em questão temos os desenvolvedores e revendedores de produtos capilares e o cliente final comprador de loção capilar.

### 6.4 RISCOS INICIAIS

Inicialmente pode-se pensar em riscos relacionado a resistência do material, se será resistente o suficiente para não danificar no uso mas ao mesmo tempo com a necessidade de ser flexível e macio. A dureza pode comprometer a qualidade da aplicação.

### 6.5 CRONOGRAMA SUMÁRIO COM MARCOS DO PROJETO

Na Figura 7 é possível verificar os marcos do projeto com estimativa de tempo, desde a aplicação até a entrega do trabalho final.

Figura 7: Cronograma com marcos do projeto

Cronograma do projeto	
Início	
Ideia do novo produto	3 meses
Verificação de produtos similares	1 semana
Melhoramento da ideia	1 mês
Pesquisa de mercado	
Pesquisa de público-alvo	1 mês
Elaboração de questionário	2 dias
Coletar respostas do público-alvo	2 meses
Elaboração do trabalho escrito	
Análise da pesquisa	2 meses

Fonte: Autores (2018)

### 6.6 NECESSIDADE DE RECURSOS FÍSICOS

Para o produto, é necessário materiais como: tubos flexíveis que permitam a passagem do líquido, tubo para armazenamento do material.

### 6.7 ESTIMATIVA PARA PREÇO DE VENDA

Para a estimativa de custos foi utilizado junto a pesquisa de mercado a aplicação de uma escala vertical cujo valor variou entre 1 e 20 reais os dados obtidos por meio da análise dos resultados de tal aplicação está demonstrado na Figura 8.

Figura 8: Votos por faixa de valor

Produto	Votos	acumulado	percentual	Valor
Caneta	2	32	100%	RS 1,00
Coxinha	3	30	94%	RS 3,00
Chaveiro	2	27	84%	RS 5,00
Álcool em gel de bolso	8	25	78%	RS 8,00
Porta-retrato	9	17	53%	RS 10,00
Almofada de sofá	2	8	25%	RS 13,00
Capa protetora de celular	2	6	19%	RS 15,00
Xícara personalizada	1	4	13%	RS 18,00
Blusa simples	3	3	9%	RS 20,00

Fonte: Autores (2018)

Compreendendo que 78% das pessoas estariam, dispostas a pagar o equivalente a um álcool em gel de bolso (R\$ 8,00), este item tem um valor que abraça uma boa fatia, então este seria um valor meta.

Analisando o preço de produtos substitutos em sites como o mercado livre temos os valores apresentados na Figura 9.

Figura 9: Preços de produtos substitutos

Nome do produto	Característica (tamanho)	Preço
Pulverizador manual	plastico - 280ml	RS2,95
Conta gotas	Vidro - 30ml	RS2,27
Conta gotas	plástico- 30ml	RS0,40
Dosador	Plástico - 100 ml	RS0,80

Fonte: Autores (2018)

Dado os preços dos concorrentes, nosso produto encontra-se em uma faixa superior, provavelmente por agregar uma nova função (massagear) a aplicação.

## 7 CONCLUSÃO

Neste estudo foi possível verificar a importância de desenvolvimento do novo produto “Massageador e aplicador de loção”

tendo sido realizada pesquisa de campo com o público-alvo que são os consumidores de loções capilares específicas. Com a pesquisa, o público relatou os principais problemas na aplicação dessas loções capilares e foi possível enfatizar a importância do novo produto para o consumo e aplicação dessas loções. Além disso, foi possível estimar o preço do “aplica fácil” de acordo com o que o mercado deseja pagar tendo como base produtos já conhecidos pelo mercado.

## REFERÊNCIAS

- [1] BASSO, J. L. Engenharia e Análise de Valor - EAV: mais as abordagens da administração, contabilidade e gerenciamento de valor: um guia prático para aplicação. São Paulo: IMAM, 1991.
- [2] EMILIANO, L. Mercado de produtos profissionais. Negócios da Indústria Brasileira. n.8, ano 3, agos.2008
- [3] FARIA, A. F. Roteiros para as aulas de laboratório da disciplina projeto de produto. Universidade Federal de Viçosa, 2007.
- [4] GALLO, Murilo de Sousa. Aplicação da metodologia de Análise do Valor ao projeto conceitual de uma maca de banho hospitalar. 2012. 62 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade de São Paulo-usp, São Carlos, 2012.
- [5] HAAG, Martin Albert. Os produtos de gramado: um caso de conceito de produto. Dissertação de mestrado: Programa de Pós-Graduação em Administração, Escola de Administração, UFRGS. Porto Alegre, abril 1998.
- [6] KOTLER, Philip. Administração de marketing. 10. ed. São Paulo: Prentice Hall, 2000.
- [7] NAKANO, A. N. Comparação de danos induzidos em cabelos de três etnias por diferentes tratamentos. 2006. Dissertação (mestrado). Campinas. Disponível em: <<http://chipre.iqm.unicamp.br/~ines/TesesGrupo/DissertacaoAdelinoNakano.pdf>> Acesso em 04 Abril 2018.
- [9] PARK, C. Whan; ZALTMAN, Gerald. Marketing management. Chicago: The Dryden Press, 1987. ROZENFELD, H. Gestão de desenvolvimento de produtos. São Paulo: Saraiva, 2006.
- [10] ROZENFELD, Henrique; FORCELLINI, Fernando Antônio; AMARAL, Daniel Capaldo. Gestão de desenvolvimento de produtos: Uma referência para a melhoria do processo. São Paulo: Saraiva, 2006.
- [11] TOLEDO, J.C.; Almeida, H.S. Qualidade Total do produto. Produção, vol. 2, n1, PP 31-37, 1991.
- [12] TONI, Deonir de; MILAN, Gabriel Sperandio; SCHULER, Maria. O Desenvolvimento de novos produtos: um estudo exploratório ambientado em empresas de acessórios plásticos para móveis. Revista Produção, Florianópolis, v. 5, n. 2, 2005. Disponível em: <<https://producaoonline.org.br/rpo/article/viewFile/339/434>>. Acesso em: 4 Abril 2018.
- [13] XAVIER, C.M. Gerenciamento de projetos: como definir e controlar o escopo do projeto. São Paulo: Saraiva, 2005.

## APÊNDICE:

## Pesquisa acadêmica sobre desenvolvimento de produtos

O presente questionário tem como intuito a identificação e classificação de problemas percebidos na utilização de loções capilares.

\*Obrigatório

### Definição do perfil do cliente

Sexo \*

- Homem  
 Mulher

Idade \*

Sua resposta \_\_\_\_\_

Qual tipo de aplicador você costuma usar \*

- conta-gotas  
 borrifador  
 dosador  
 Outro: \_\_\_\_\_

### Gradue o quão incomodado você fica com os seguintes problemas

Desperdício de loção \*

- |             |                       |                       |                       |                       |                       |                     |
|-------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------|
|             | 1                     | 2                     | 3                     | 4                     | 5                     |                     |
| indiferente | <input type="radio"/> | muito<br>incomodado |

Secagem acelerada da loção \*

- |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|

Dificuldade de aplicação na raiz \*

	1	2	3	4	5	
indiferente	<input type="radio"/>	muito incomodado				

Dificuldade em massagear o couro cabeludo para ativar a circulação local \*

	1	2	3	4	5	
indiferente	<input type="radio"/>	muito incomodado				

Gradue o quão interessado você estaria em que seu aplicador possuísse as seguintes características

Pega confortável e fácil \*

	1	2	3	4	5	
indiferente	<input type="radio"/>	muito interessado				

Facilitar o alcance da raiz \*

	1	2	3	4	5	
indiferente	<input type="radio"/>	muito interessado				

Massagear para estimular a circulação \*

	1	2	3	4	5	
indiferente	<input type="radio"/>	muito interessado				

Bom rendimento da loção \*

	1	2	3	4	5	
indiferente	<input type="radio"/>	muito interessado				

Você estaria disposto a comprar um aplicador separado que acumulasse as funções citadas anteriormente? \*

- Sim
- Não

Em grau de valor, qual dos itens a seguir pode se equiparar ao aplicador? \*

- Caneta
- Coxinha
- Chaveiro
- Álcool em gel de bolso
- Porta-retrato
- Almofada de sofá
- Capa protetora de celular
- Xícara personalizada
- Blusa simples

# Capítulo 17

## *IMPLEMENTAÇÃO DA ESTRATÉGIA DA MODULARIZAÇÃO DE PRODUTOS: ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA FABRICANTE DE ELETRODOMÉSTICOS.*

*Rogério Camargo Benez*

*Maria Rita Pontes Assumpção*

*Mariana Stefanelli Pettan*

**Resumo:** O aumento da concorrência e a necessidade de atender a demanda dos clientes vem fazendo com que as empresas busquem alternativas para se manterem competitivas no mercado. Algumas iniciativas nesta direção são por meio da redução de custos e da customização de produtos. A modularização de produtos é uma estratégia de desenvolvimento de novos produtos. Seu objetivo é aumentar a eficiência dos processos produtivos por meio da redução da complexidade no mix de produtos. Porém, modularizar arquiteturas de produtos é uma tarefa complexa e muitas empresas não têm os recursos e capacidades para isto. Este trabalho tem como objetivo principal mapear o comportamento de um produto modular inserido nos processos de manufatura e no pós-vendas de uma empresa e determinar através de fluxogramas a sequência e a interação das atividades, ajudando no entendimento dos processos e tornando a sua descrição mais visual e intuitiva. Por outro lado, o estudo procura determinar aspectos que podem influenciar no processo de implementação da modularização de produtos, entender quais os benefícios gerenciais e estratégicos (se existirem), quais os desafios e os impactos que a estratégia da modularização traz para as empresas que as adotam. Para tanto realizou-se um estudo de caso em uma montadora de eletrodomésticos. Fluxogramas foram gerados para cada área abordada. O estudo permitiu aprimorar o conhecimento prático sobre a aplicabilidade da modularização do produto e os impactos sobre a produção.

**Palavras-chave:** Modularização; Arquitetura de produto; Customização; Estratégia.

## 1. INTRODUÇÃO

Em um mercado globalizado as empresas buscam cada vez mais atender as necessidades dos clientes através da customização de seus produtos. Por outro lado o aumento da concorrência gera a necessidade de programas de redução de custos. O conflito entre a necessidade de variação de produtos e a padronização interna de peças e processos pode ser resolvido pela adoção da estratégia da modularização, que reduz a complexidade dos produtos tornando os processos produtivos mais eficientes.

Conforme Kotler (1989), os mercados de massa sofreram violenta queda para bens padronizados nos últimos anos da década de 80 e houve uma crescente valorização da segmentação. Existem vários aspectos a serem abordados em relação à modularização de produtos. Pine (1994) afirma que a modularização de produtos é a chave para a customização em massa. Produtos modulares tendem a reduzir o número de peças diferentes, por consequência reduzir inventário, reduzir estoques e reduzir o custo do produto final. A padronização de peças aumenta a possibilidade de automação de processos, que proporciona aumento de produtividade. O custo do produto final e a produtividade estão relacionados com o lucro que sustenta as empresas.

Para Porter (2004), o custo total, enfoque e diferenciação devem colaborar para a definição da estratégia competitiva. Porém, a implementação da modularização de produtos pode e deve encontrar fatores limitantes e dificultosos, dentro e fora da empresa, que precisam ser levados em consideração no decorrer desse processo. Talvez o ganho esperado com a modularização de produtos não justifique os investimentos necessários e os impactos causados na estrutura da empresa.

O objetivo deste artigo é determinar, através do estudo de caso, quais os benefícios, os riscos e os fatores que influenciam no processo de implementação da estratégia de modularização de produtos em uma empresa fabricante de eletrodomésticos. Identificar e analisar quais atividades, práticas, decisões, etc. realizadas na fase de projeto (sob a ótica modular) terão impacto (técnico ou organizacional) direto (ou indireto) nas decisões acerca dos processos de

manufatura da empresa, e se essas decisões também vão seguir a lógica de modularização dos processos produtivos. Além disso, essas decisões (na fase de projeto) podem impactar também na modularidade de uso, que envolve decisões e variações que o cliente poderá realizar no produto final, conforme o seu interesse/desejo. Além disso, há decisões em termos de produção ou relacionados ao consumidor final que podem também influenciar decisões de projeto.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. ARQUITETURA DE PRODUTO

Arquitetura de produto é um conceito comprovado e um aspecto chave no desenvolvimento de uma estratégia integrada de gestão do ciclo de vida do produto (PLM). Facilita a padronização dos componentes do produto e ainda permite uma grande variedade de produtos no mercado (Reisch, 2014).

Produtos com arquiteturas modulares podem ser facilmente divididos em blocos padronizados, os quais podem ser rearranjados para criar diferentes configurações e variantes. Desta forma, famílias de produtos podem ser formadas baseadas no mesmo número limitado de módulos, mantendo-se a complexidade interna dos produtos (Schilling, 2000).

Conforme Ulrich (1995), a arquitetura de produto é o método pelo qual a função do produto é distribuída entre os elementos físicos que o constituem. Define ainda a arquitetura de produto como sendo o arranjo dos seus elementos funcionais; o projeto funcional para os elementos físicos; e a especificação de interfaces entre os elementos físicos que se interagem. Os elementos funcionais são as operações individuais e transformações que contribuem para a performance do produto com um todo. Os elementos físicos são as peças, os componentes e subconjuntos que implementam as funções requeridas. (Ulrich e Eppinger, 1995).

Baxter (1998), define a arquitetura de produto como o estudo das interações entre os módulos e os seus arranjos físicos, constituindo a configuração do produto. A modularidade da arquitetura do produto é determinada pelo nível de independência funcional dos componentes do produto, bem como pelo nível de padronização da interface

entre os diferentes elementos da estrutura do produto. Quanto mais componentes do produto forem necessários para cumprir uma determinada função e mais funções forem cumpridas por um determinado componente, mais integral será a arquitetura do produto (Golfmann e Lammers, 2015).

## 2.2. MODULARIZAÇÃO

O cliente pode ter o carro de qualquer cor desde que ele seja preto (Ford, 1922). Blackenfelt (2001) argumenta que o conceito de produção em série apóia-se em princípios construtivos modulares, desde a produção do automóvel Ford Modelo T.

A modularização é uma estratégia para organizar produtos e processos complexos de forma eficiente. Um sistema modular é composto de unidades (ou módulos) que são projetados independentemente, mas ainda funcionam como um todo integrado (Baldwin e Clark, 1997). Um produto modular é composto de módulos com interfaces bem definidas, onde os módulos são determinados de acordo com características específicas. Durante o desenvolvimento de produtos modulares, é importante diferenciar entre projeto de modularização e o detalhamento de variações de módulos e produtos. O projeto de modularização inclui o esclarecimento de tarefas, projeto conceitual e personificação do projeto, bem como o detalhamento da estrutura do produto (Blackenfelt, 2001).

Os conceitos de modularização podem ser aplicados onde quer que sistemas complexos tenham de ser geridos e já tendo sido utilizados com êxito em outras áreas como logística e TI (Golfmann e Lammers, 2015).

Como um processo, a modularização envolve mapear as funções dos componentes para criar um 'estreitamento das interfaces' no limite do módulo e, em seguida, estabelecer para aprender e dominar as interdependências restantes entre módulos, a fim de certificar-se de que as interfaces podem acomodá-las. 'Modularização como processo' também destaca o papel do 'arquiteto' que define as regras de projeto que marcam os limites do módulo e estabelecem os requisitos de interface (Duffie, 2013).

Conforme as suas características, ao alinhar-se de modo particular com o processo de customização, a modularização possibilita a atuação de modo pleno ou parcial. Na

modularização plena, cada consumidor é atendido individualmente, enquanto que, na modularização parcial, os consumidores são agrupados em nichos ou estilos de vida. No caso da produção em massa, o grau de modularização faz com que a customização tenda ao zero. Nesse caso, ela é identificada como customização em massa (Pine, 1994).

## 2.3. MODULARIZAÇÃO NO PROJETO

Modularidade de projeto – consiste em projetar produtos modulares definindo os módulos (subconjuntos), suas funções e interfaces, de modo que sejam independentes mas trabalhem no produto de forma interdependente (Baldwin e Clark, 2003; Sako e Murray, 1999).

Sanchez e Mahoney, (1996) afirmam que a criação de arquiteturas de produtos modulares não só cria projetos de produtos flexíveis, mas também permite o design de uma organização flexível. Os autores ainda sugerem que a padronização de interfaces em arquiteturas modulares pode gerar maior flexibilidade e conectividade entre organizações.

## 2.4. MODULARIZAÇÃO NA PRODUÇÃO

A produção eficiente de um portfólio diversificado de produtos é frequentemente atribuída à flexibilidade da manufatura (Ulrich, 1995).

A modularidade de produção (ou processo) tem por objetivo simplificar os processos produtivos (manufatura e montagem), subdividindo-os em etapas mais bem definidas e pré-montagens e pré-testes funcionais dos módulos, o que possibilita a redução da linha de montagem da fábrica, transferindo a sub montagem de alguns módulos para os fornecedores (Parente et al., 2011).

Assim, a modularidade na produção refere-se à forma como os recursos de fabricação (linhas de produção, estoque, equipamentos, processos, etc.) são configurados para melhorar a eficiência do processo de produção. A modularidade na produção permite a terceirização ou reconfiguração da cadeia de suprimentos (Salvador, 2004).

Além disso, a modularidade de produção pode gerar flexibilidade nas variáveis do produto por meio da combinação de

diferentes módulos em um produto plataforma, reduzindo custos referentes à customização em massa (Arnheiter e Harren, 2006).

## 2.5. CUSTOMIZAÇÃO EM MASSA

A customização em massa é uma estratégia de produção que visa trazer as necessidades dos clientes para dentro dos processos produtivos, aumentando, assim, a competitividade das empresas (Davis, 1989).

Segundo (Fettermann, 2013), a customização em massa consiste em uma estratégia para atender a crescente fragmentação do comportamento de mercado conseguindo manter as economias de escalas, em atendimento as necessidades particulares de cada cliente.

A customização em massa exige flexibilidade e rapidez de resposta. Em um ambiente em constante mudança, pessoas, processos, unidades e tecnologia precisam se reconfigurar para dar aos clientes exatamente o que eles querem. Os gerentes coordenam indivíduos independentes e capazes e um eficiente sistema de vinculação é crucial. Resultado: baixo custo, alta qualidade, produtos e serviços personalizados (Pine, 1993).

## 2.6. ESTRATÉGIA DE OPERAÇÕES

(Blackenfelt, 2001) argumenta que a modularização tem ganhado importância devido ao aumento da necessidade das empresas em encurtar lead times, ter produtos diferenciados e ambientalmente corretos, etc. Em geral, a modularização do produto pode ser vista como uma solução para vários problemas que aumentam a complexidade do produto e do negócio. Mais especificamente, a modularização é utilizada para gerir a variedade de produtos, a organização do desenvolvimento e da produção, bem como várias questões pós-venda.

Na modularização do projeto, as arquiteturas modulares ajudam as empresas a competir ao longo das dimensões que são mais relevantes, tais como a crescente individualização do consumo, as mudanças

tecnológicas cada vez mais rápidas e a necessidade de adaptação de diversos fornecedores. Neste caso, a modularização exerce profundo impacto sobre a estrutura setorial, pois possibilita que organizações independentes, não integradas, vendam, comprem e montem componentes e subsistemas (Cardoso, 2008). Quando isso acontece, as empresas são capazes de misturar e combinar componentes dos melhores fornecedores, a fim de responder de maneira conveniente às necessidades específicas de cada um dos clientes (Blackenfelt, 2001).

## 3. MATERIAL E MÉTODOS

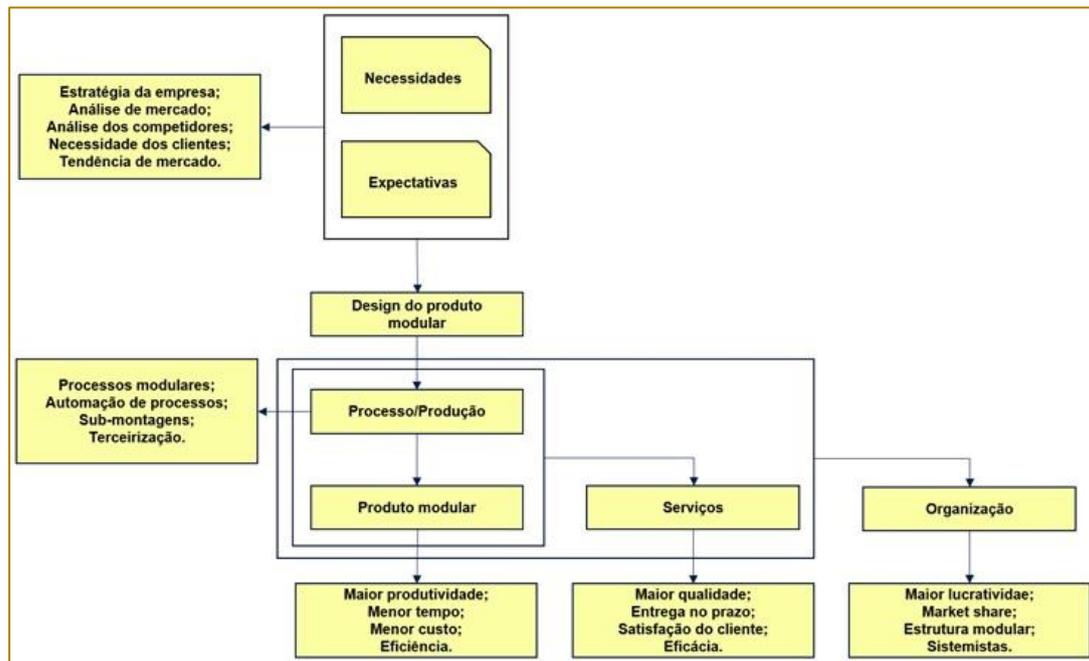
Analisar o comportamento de um produto modular, no processo de fabricação e no pós-vendas de uma montadora. Mapear todo o processo, desde a definição da estratégia da empresa em relação à concepção do produto modular para atender à demanda do mercado até os processos de fabricação, incluindo processos primários como estamperia e pintura até a linha de montagem principal. Criar fluxogramas para cada área mapeada (projeto; processos; serviços; organização) a fim de gerar informações que possibilitem o visualizar os efeitos da modularização em uma empresa, identificar oportunidades de melhorias nos processos abordados, determinar entradas e saídas para se produzir um produto modular e se possível identificar lacunas para estudos futuros.

## 4. MAPEAMENTO DO PROCESSO - MACRO

O mapeamento macro aborda desde o planejamento da empresa até a produção e o fornecimento de serviços para um produto modular. A Figura 1 ilustra o fluxograma para desenvolvimento e produção de um produto modular.

A técnica da observação participante será utilizada para a coleta de dados. Segundo Gil (2006) a observação participante ou observação ativa, consiste na observação real do observador na vida da comunidade, do grupo ou de uma situação determinada. Um aspecto positivo desse método de estudo é a possibilidade de obter a informação no momento em que ocorre o fato. Além disso, é o meio mais direto de se estudar uma ampla variedade de fenômenos (Richardson, 1999).

Figura 1 – Fluxograma para desenvolvimento e produção de produtos.



#### 4.1. MAPEAMENTO DO PROCESSO/PRODUÇÃO

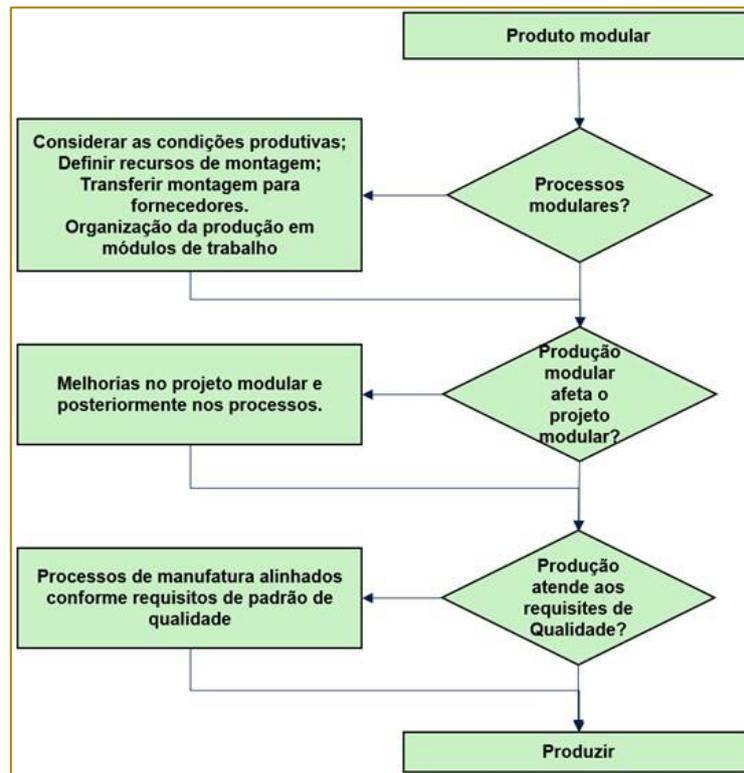
Mapear o comportamento de um produto modular inserido nos processos de manufatura possibilitou identificar as principais implicações da modularidade do produto sobre a produção, como a organização da produção em módulos de trabalhos, por exemplo. A Figura 2 ilustra o processo para produção de um produto com arquitetura modular. Fica evidenciado que as principais características e implicações técnicas das relações entre as duas tipologias (a modularidade do projeto orienta e define decisões da modularidade da produção), além de possíveis contingências na aplicação da modularidade (escolha de fornecedores impactam nos custos de um projeto por meio da modularidade).

##### 4.1.1. LINHA DE MONTAGEM PRINCIPAL

Foi realizado um mapeamento da linha de montagem principal afim de identificar oportunidades de melhoria. Gargalos de produção, quantidade de material em processo (WIP), produtos com defeito, oportunidades de automação, pontos de inspeção de qualidade, fluxo de material, foram alguns dos itens abordados e que permitiram definir o processo ideal para uma linha com produtos modularizados.

A Figura 4 mostra a diferença entre as duas situações da linha principal. A linha para produtos modularizados é menor, mais compacta, com uma quantidade maior de sub-montagens. Como os princípios de um processo modular, este conceito de linha proporciona maior flexibilidade ao processo além de ocupar uma menor área.

Figura 2 – Fluxograma para produção de um produto modular.

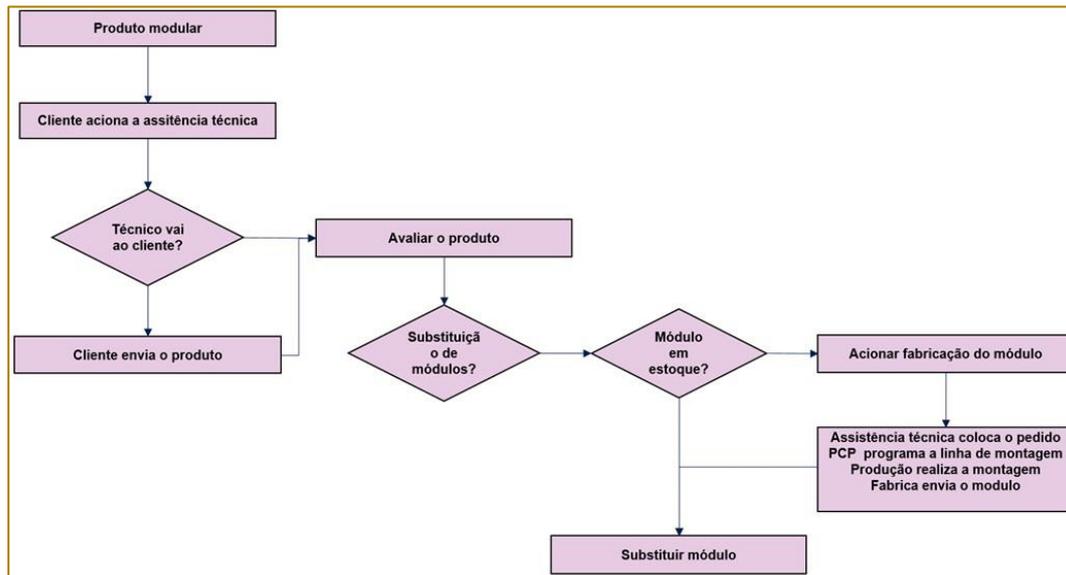


#### 4.2. MAPEAMENTO DO SERVIÇO

O objetivo do mapeamento do serviço de assistência técnica da montadora foi determinar o processo para substituição de um módulo, identificar todas as atividades do serviço, desde o atendimento ao chamado até a entrega do produto pronto, considerando também o tempo de garantia pós-assistência técnica. Ficou evidenciado que a assistência técnica tem um relacionamento com o processo de manufatura do produto, que ocorre quando a assistência técnica solicita à fábrica o módulo que deve ser substituído. A

fábrica verifica o estoque e se necessário dispara a montagem do item. Dessa forma, o serviço está conectado ao processo de manufatura do módulo, que se tiver design modular, terá o seu tempo de produção reduzido, impactando positivamente a prestação do serviço. Uma forma quantitativa de relacionar a modularidade do serviço com a modularidade do produto/processo é comparando o tempo de realização de um mesmo serviço entre produtos com diferentes níveis de modularidade. A Figura 3 ilustra o fluxo de serviço para substituição de um módulo.

Figura 3 – Fluxograma de serviços em produtos modulares.



#### 4.3. MAPEAMENTO ORGANIZACIONAL

O mapeamento do produto a nível organizacional teve como proposta relacionar as modularidades do produto e do processo com a modularidade organizacional, isto é, determinar os efeitos que um produto modular exerce sobre a infraestrutura de uma organização, por exemplo. O produto modular gerou processos de montagem modulares (sub-montagens). Pode também ocorrer a terceirização da fabricação dos módulos, influenciando a cadeia de suprimentos da empresa. A empresa pode transferir dispositivos e máquinas para terceiros disponibilizando áreas para novos projetos. Neste contexto a proposta foi explorar as mudanças que ocorreram na estrutura da empresa com a adição, exclusão ou recombinação de processos.

Outra proposta para se determinar os relacionamentos entre a modularidade de produto, de processos e a modularidade organizacional é comparar a quantidade de sub-montagens, dimensões da linha de montagem, quantidade de módulos fornecidos, quantidade de horas/máquinas

disponibilizadas para a produção de componentes dos respectivos módulos entre um produto modularizado e um produto integral. As Figuras 4 e 5 comparam o lay-out da linha de montagem de um produto modular e de um produto integralizado (maioria das montagens realizadas na linha principal).

O comprimento da linha para produtos com maior grau de modularização, definida neste trabalho (Figura 4) é menor. Ela é mais compacta e apresenta uma quantidade maior de sub-montagens (oito) em relação à linha de montagem para produtos menos modularizados. Esta apresenta apenas cinco sub-montagens. Nota-se que os módulos são sub-montados antes de entrarem na linha principal, permitindo assim a redução de manuseio das peças. Outro fator relevante é a possibilidade da customização do produto no final da linha para produtos modularizados corroborando com a assertiva de “postergação da produção” conduzida pela arquitetura modular.

A modularidade organizacional também pode ser relacionada com a modularidade de produto e processo comparando-se a lucratividade da empresa. A Figura 6 ilustra o fluxograma organizacional.

Figura 4 - Linha de montagem principal – Montagem de um produto modular.

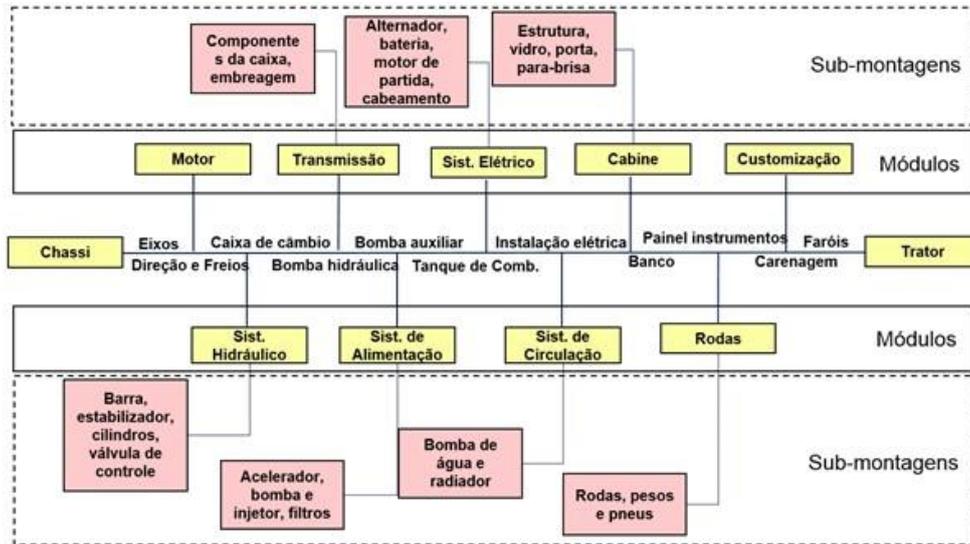


Figura 5 - Linha de montagem principal – Montagem de um integralizado.

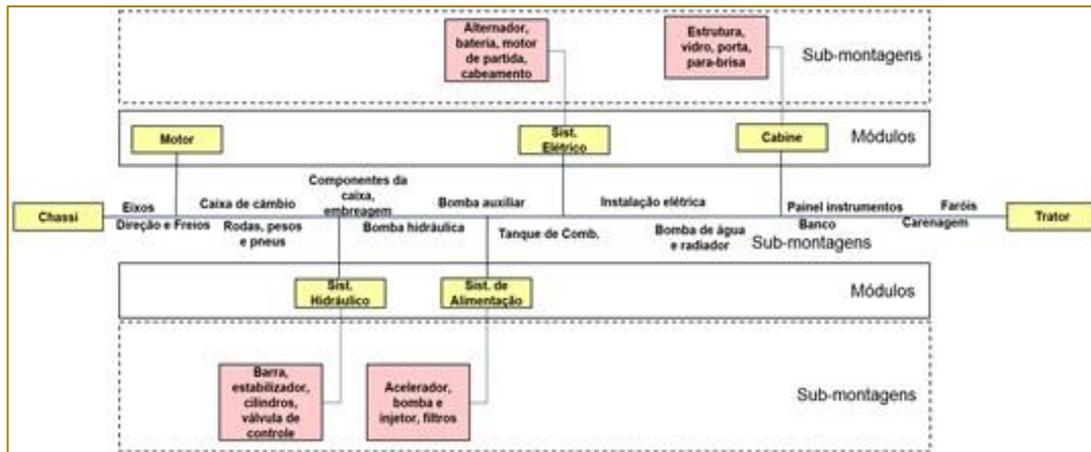
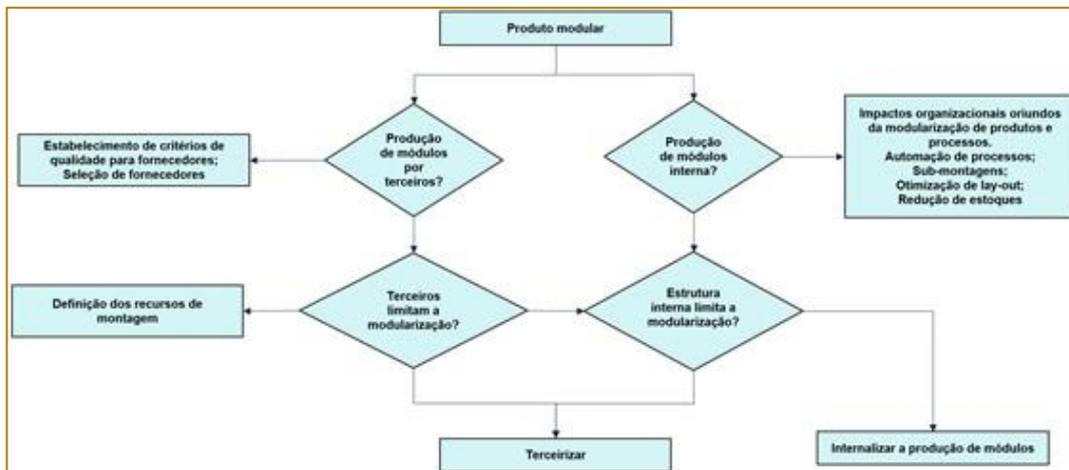


Figura 6 - Fluxograma produto modular e organização.



## 5- DISCUSSÃO

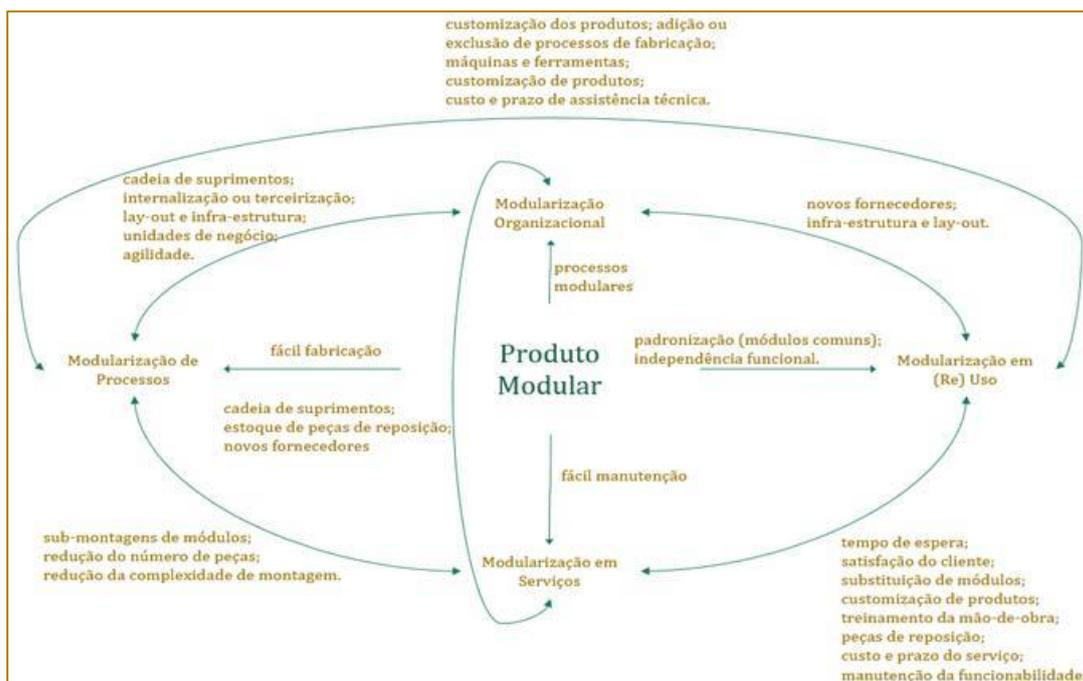
A prática realizada evidenciou os impactos e efeitos da modularização sobre diferentes áreas da empresa e determinou formas de relacionamentos entre as tipologias de modularidade - Figura 7. O estudo do relacionamento entre diferentes tipologias de modularidade pode ser considerado uma oportunidade para estudos futuros. Esses relacionamentos têm chamado a atenção dos estudiosos que buscam entender como os mesmos ocorrem, quais os efeitos causados em cada tipologia e, principalmente, procuram desenvolver métodos para determinar essa relação recíproca entre diferentes tipologias de modularidade. KUBOTA e MIGUEL (2013) corroboram com a afirmação acima e relatam que há um número limitado de trabalhos que investigam as relações e influências entre mais de dois tipos de modularidade, especialmente as abordagens mais utilizadas de produto, produção e a nível organizacional.

Diante da análise realizada, foi verificado que para se implementar uma estratégia de modularização, há várias implicações que podem dificultar ou até impossibilitar o processo. Sabe-se que a estratégia da modularização de produtos pode

proporcionar vários benefícios para uma empresa. A redução de estoques, a otimização de processos, compactação das linhas de montagem, padronização de dispositivos, o aumento da produtividade e da eficiência e a consequente redução do custo de produção e proporcionam um ambiente favorável para a produção em massa. Há também a possibilidade da customização da produção, onde, mantendo-se a padronização das interfaces de montagem, há a possibilidade alterações no design do produto, possibilitando assim criar uma gama de produtos que possam satisfazer às necessidades dos clientes, gerando vantagem competitiva e liderança de mercado para a empresa.

Por outro lado, para se implementar a modularização de produtos há a necessidade de se fazer altos investimentos em máquinas, equipamentos e ferramentas, adequação ou modificação de produtos, alterações de lay-out, podendo tornar-se desinteressante para a empresa. A própria infraestrutura da empresa e seus recursos também podem limitar a implementação de um processo de modularização.

Figura 7 - Relacionamentos e efeitos entre modularidades.



## 6- CONCLUSÃO

O artigo mostra de forma simplificada o fluxo das informações e elementos evidenciando a sequência operacional que caracteriza a implementação da modularização de produtos em uma empresa. Na análise do processo foi proposto um novo lay-out para a linha de montagem de produtos modularizados. Em serviços o foco foi nas necessidades do cliente. O produto modular permite a substituição do módulo e otimiza o prazo da prestação do serviço, reduzindo custos e dentro de um padrão de qualidade

exigido (o módulo foi substituído e não reparado). A nível organizacional os impactos da modularização foram determinados, como a possibilidade de automação de automação de processos e otimização de lay-out. É certo que existem outras variáveis, e que o estudo deve ser mais prolongado e detalhado, porém há evidências que indicam que a modularização de produtos é uma estratégia que deve ser pensada durante a concepção de uma nova arquitetura de produto.

## REFERÊNCIAS

- [1] ARNHEITER, E. D.; HARREN, H. A typology to unleash the potential of modularity. *Journal of Manufacturing Technology Management*, v. 16, n. 7, p. 699-711, 2005. <http://dx.doi.org/10.1108/17410380510619923>.
- [2] BALDWIN, C. Y.; CLARK, K. B. Managing in the Ages of Modularity. *Harvard Business Review*, p. 84-93, 1997.
- [3] BALDWIN, C. Y.; CLARK, K. B. The value, costs and organizational consequences of modularity. Detroit: General Motors Research and Development Center, 2003.
- [4] BAXTER, M. Projeto de Produto, Editora Edgard Blucher Ltda, São Paulo, 1998.
- [5] BLACKENFELT, M. Managing complexity by product modularisation: Balancing the aspects of technology and business during the design process. Tese de Doutorado, Department of machine Design, Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden, 2001.
- [6] DAVIS, S. From future perfect: mass customizing. *Planning Review*, March/April, v.17, n.2, p.16-21, 1989.
- [7] FETTERMANN, D. C. Desenvolvimento de produto orientado à customização em massa. 2013. 183 f. Tese de Doutorado, Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.
- [8] FORD, H. My life and work, Doubleday, 1922.
- [9] GIL, A.C. Métodos e técnicas de pesquisa social. 6 ed. São Paulo: Atlas, 2006.
- [10] GOLFMANN, J.; LAMMERS, T. Modular product design: reducing complexity, increasing efficacy. EY 2015, Volume 7, Capítulo 1, Fevereiro, 2015. <http://performance.ey.com>, acessado em Janeiro de 2017.
- [11] HILLSTROM, F. Applying Axiomatic Design to Interface Analysis in Modular Product Development. *Advances in Design Automation - ASME*, v. 4, n. 2, 1994.
- [12] KOTLER, P. From mass marketing to mass customization. *Planning Review*, v. 17, n. 5, p. 10-47 1989.
- [13] MACDUFFIE, J.P. Modularity as Property, Modularization as Process, and 'Modularity'as Frame: Lessons from Product Architecture Initiatives in the Global Automotive Industry. *Global Strategy Journal*, 3, p. 8 - 40, 2013.
- [14] PARENTE, R.C.; BAACK, D.W.; HAHN, E.D. The effect of supply chain integration, modular production, and cultural distance on new product development: A dynamic capabilities approach, *Journal of International Management*, 17, (4), 2011.
- [15] PINE, J., VICTOR, B. & BOYNTON, A. Making mass customization work. *Harvard Bus.Rev.*, v.71, n.5, 1993.
- [16] PINE, B. J. Personalizando Produtos e Serviços. São Paulo: Mc Graw, 1994.
- [17] PORTER, M. E. Estratégias Competitivas Genéricas. In: PORTER, Michael E. *Estratégia Competitiva: Técnicas para análise de indústrias e da concorrência*. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.
- [18] REISCH, A. Product engineering and life cycle management: efficiently manage the life cycle of your products. EY 2014, <http://performance.ey.com/2015/02/03/product-engineering-life-cycle-management/>, acessado em Janeiro de 2017.
- [19] RICHARDSON, R. J. Pesquisa social: métodos e técnicas. 3. ed. São Paulo: Atlas, 1999.
- [20] SALVADOR, F.; FORZA, C.; RUNGTUSANATHAM, M. Supply-chain configurations for mass customization, *Production Planning & Control*, 15, (4), 2004.
- [21] SAKO, M.; MURRAY, F. Modules in Design, Production and Use: Implications for the

---

Global Automotive Industry. MIT IMVP Annual Sponsors Meeting, 1999.

[22] SANCHEZ, R.; MAHONEY, J.T. Modularity, flexibility, and knowledge management in product and organization design, *Strategic Management Journal*, 17, 1996.

[23] SCHILLING, M. 2000. Toward a general modular systems theory and its application to

interfirm product modularity. *Academy of Management Review* 25(2): 312–334.

[24] ULRICH, K.; EPPINGER, S. *Product Design and Development*, Capítulo 7 - McGrawHill, 1995.

[25] WHITNEY, D. E. *Mechanical Assemblies: Their Design, Manufacture, and Role in Product Development*. New York: Oxford University Press, 2004.

# Capítulo 18

## ANÁLISE DO POTENCIAL DE IMPLEMENTAÇÃO DO E-COMMERCE PARA UMA LOJA DE CALÇADOS EM PARINTINS-AM

*Alice Nascimento Teixeira Rocha*

*Brunna Michaella Queiroz Góis*

*Gabriel de Moura Reis*

*José Cláudio Trindade Simões*

*Rute Holanda Lopes*

*Talita Micaela Rodrigues Moraes*

**Resumo:** A internet é um novo e promissor campo de atuação para os empreendedores. Frente a este cenário, o mercado eletrônico se apresenta como um ambiente de atuação promissor. Para as empresas que já se encontram estáveis no comércio tradicional, o e-commerce pode ser um mercado potencial interessante. A gestão estratégica é resultado de uma busca contínua e intensa da capacidade de inovar, de responder com rapidez às exigências do cliente e de adaptar-se aos novos padrões de concorrência. Contudo, para implantação de qualquer negócio, é necessário diagnosticar o ambiente de negócio e sua posição perante ele. Este trabalho é o resultado de um estudo que objetivou diagnosticar o posicionamento de uma empresa de calçados do município de Parintins-AM frente a possibilidade de expansão para o comércio eletrônico, por meio da análise das 5 Forças de Porter e a Matriz SWOT. A metodologia aplicada foi o estudo de caso, que por meio da entrevista e da observação, analisou de forma qualitativa o ambiente de negócios da empresa. Os resultados da pesquisa possibilitaram a empresa ter conhecimento sobre as oportunidades e ameaças do empreendimento virtual, e também seus pontos fortes e fracos, orientando, assim, ações estratégicas da organização quanto a expansão, permitindo uma projeção da empreitada.

**Palavras-chave:** Planejamento estratégico, Análise SWOT, Forças de Porter, Comércio eletrônico

## 1. INTRODUÇÃO

Em meio a um mundo globalizado, a evolução tecnológica é cada vez mais perceptível em nossas vidas. A internet tem avançado por todo o planeta, e no Brasil tem tido um aumento considerável no número de usuários. Com 120 milhões de pessoas conectadas, o país já ocupa o 4º lugar no ranking mundial de usuários de internet (EBC, 2017). Em meio a isto, as relações de compra e venda sofreram modificações. Com cada vez mais usuários, a internet é uma fonte de clientes potenciais (BELLETTI, 2013).

O comércio eletrônico tem se consolidado e ganhado mais força, proporcionando ciclos de vendas mais curtos, redução de custos, melhoria no atendimento e qualidade dos serviços (GERALDO & MAINARDES, 2017). No primeiro semestre do ano passado, o e-commerce brasileiro faturou R\$ 21 bilhões. Com o aumento do poder de compra entre as classes econômicas mais baixas e a facilidade de acesso à internet, esse faturamento tende a crescer (E-Bit, 2017).

Frente a este cenário, o mercado eletrônico se apresenta como um ambiente de atuação promissor. Para as empresas que já se encontram estáveis no comércio tradicional, o comércio eletrônico pode ser um mercado potencial interessante. Entretanto, para criar ou expandir um negócio, mesmo na internet, é necessário fazer um diagnóstico do mercado, pois este possibilita o empreendedor obter informações importantes para então implementar as estratégias (BELLETTI, 2013).

Porter (2004) afirma que a estratégia competitiva é o método utilizado pelas empresas para conseguirem um posicionamento vantajoso no mercado e também uma rentabilidade em longo prazo. Portanto, a gestão estratégica é resultado de uma busca contínua e intensa dessa capacidade de inovar, de responder com rapidez às exigências do cliente e de adaptar-se aos novos padrões de concorrência.

Diante disso, o presente trabalho tem o objetivo de diagnosticar, por meio da Matriz SWOT e análise das 5 Forças de Porter, o posicionamento de uma empresa de calçados do município de Parintins-AM frente a possibilidade de expansão para o comércio eletrônico. O intuito deste estudo é fornecer dados que sirvam como base para o planejamento estratégico da empresa.

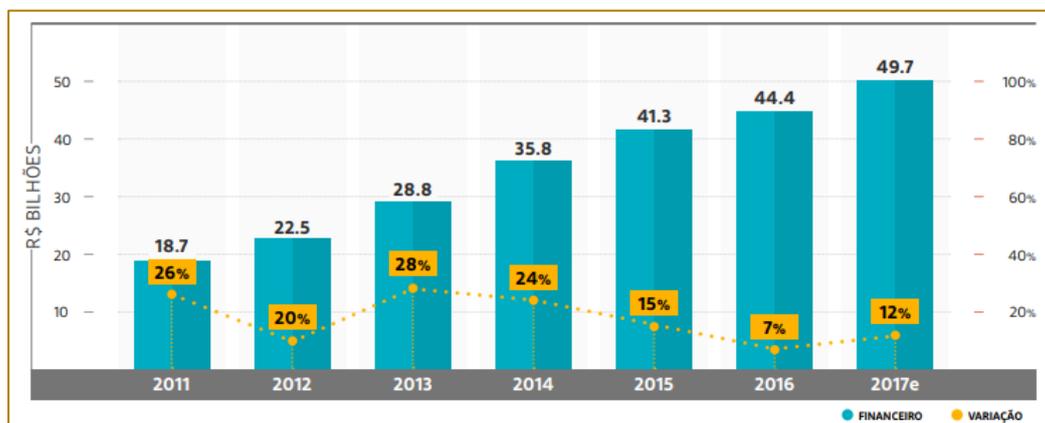
## 2. REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1. COMÉRCIO ELETRÔNICO

O comércio eletrônico chegou como um novo modelo de negócios e foi conhecido pela primeira vez em 1993 (GREBLIKAITE & PERVAZAITE, 2014). Por meio dele é possível realizar a troca de informações de forma avançada, efetivar transações de compras, pesquisas, pagamentos, acompanhamento de pedidos etc. (PILÍK, 2013).

No ano de 2017, o comércio eletrônico faturou R\$ 49,7 bilhões (Figura 1). Somente no último Black Friday, com forte expansão via mobile, o faturamento cresceu 10,3% (E-Bit, 2017).

Figura 1 - Faturamento do comércio eletrônico no Brasil



Fonte 1: E-bit Informação (2017)

Esse tipo novo tipo de comércio se tornou essencial para as grandes lojas, e as pequenas e médias empresas também obtiveram sucesso nos modelos B2B (empresa para empresa) e B2C (empresa para consumidor), em que lojas virtuais são criadas para ofertar seus produtos em formato de catálogo eletrônico (ALAM & YASIN, 2010).

## 2.2. PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO

O planejamento estratégico é o método organizado e documentado que estabelece os objetivos e define como estes serão alcançados. Ele visa potencializar os resultados positivos e reduzir suas deficiências da empresa (AGUIAR et al, 2017; CARVALHO, 2015).

Surgiu com a necessidade militar durante a 2ª Guerra Mundial, e as empresas adaptaram-no a fim de responder às mudanças do mercado constantes, proporcionando maior crescimento no ambiente onde atuam e garantindo a sobrevivência (CHIAVENATO & SAPIRO, 2009). No cenário globalizado atual,

as organizações apostam no planejamento estratégico como forma de descrever os novos rumos e os futuros caminhos que irão seguir.

Segundo Poter (2004), a prioridade das empresas não deve ser diretamente o crescimento do faturamento, mas a estratégia para alcançá-lo. “Ela é mais importante do que qualquer projeção de crescimento de mercado”, dizia o autor.

## 2.3. MATRIZ SWOT

Idealizada por Kenneth Andrews e Roland Cristensen entre os anos 60 e 70, a Matriz SWOT (Figura 2) é uma ferramenta para análise dos ambientes interno e externo de uma empresa ou corporação, tornando visível as estratégias que devem ser seguidas a fim de garantir o sucesso no mercado. O termo SWOT é uma sigla para Strengths, Weaknesses, Opportunities e Threats, que em português significam Forças, Fraquezas, Oportunidades e Ameaças (CAMPOS, 2016).

Figura 2 – Matriz SWOT



Fonte: Adaptado de POCAHI (2017)

Chiavenato e Sapiro (2009), explicam que a função da Matriz SWOT é cruzar as oportunidades e ameaças presentes no ambiente externo com as forças e fraquezas mapeadas no ambiente interno da organização. As quatro zonas servem como indicadores da situação da organização.

A análise SWOT auxilia principalmente na tomada de decisão, pois permite aos gestores

a chance de potencializar seus pontos fortes e tomar proveito das oportunidades do ambiente, além de elaborar planos para minimizar, ou até mesmo eliminar, suas fraquezas e combater suas ameaças. Sua execução amplia a visão do contexto estratégico do negócio, permitindo clara compreensão dos fatores que influenciam no sucesso organizacional enquanto atuante num determinado mercado (YANAZE, 2007).

## 2.4. AS 5 FORÇAS DE PORTER

O modelo das 5 Forças de Porter (2004) pode ser compreendido como uma ferramenta que auxilia a definição de estratégia da empresa e leva em consideração tanto o ambiente

externo como o interno. Este modelo permite analisar o grau de atratividade de um setor da economia, identificando os fatores que afetam a competitividade, dentre os quais uma das forças está dentro do próprio setor, sendo que os demais são externos.

Figura 3 – As 5 forças de Porter



Fonte: Adaptado de ANDRADE (2017)

Esta análise foi proposta pelo autor no artigo “Como as forças competitivas moldam a estratégia”, publicado em 1979. É extremamente útil porque o empreendedor passa a ter uma visão mais abrangente da concorrência e de como pode tirar proveito disso (NAKAGAWA, 2012).

Do ponto de vista de Porter (2004), por meio do estudo das pressões competitivas, pode-se observar os pontos críticos da companhia que, por sua vez, apontam as áreas em que mudanças estratégicas podem resultar na lucratividade máxima e põem em destaque as tendências do mercado.

## 3. METODOLOGIA

A pesquisa caracterizou-se, em sua abordagem, como qualitativa, pois esta torna-se importante quando se pretende descobrir e comunicar a realidade de um ambiente. Quanto à sua natureza, a pesquisa teve caráter exploratório-descritivo, uma vez que busca informações pela investigação, coletando dados por meio da revisão

bibliográfica e dados fornecidos pela empresa, a fim de obter maiores informações sobre o tema/problema, objeto da pesquisa. Os procedimentos caracterizam, ainda, a pesquisa como um estudo de caso, pois visa conhecer e em profundidade uma entidade específica (ROESCH, 2009; BOGDAN & BIKLEN, 2003).

A coleta de dados foi realizada por pesquisa bibliográfica, em publicações periódicas e livros, além de análise documental, pelo estudo de relatórios e demonstrativos da empresa. Mattar Neto (2005) ressalta que mesmo as pesquisas de campo e laboratório acabam por utilizar a biblioteca, na procura de textos teórico, de artigos que corroborem com a hipótese proposta. Também foi realizada entrevista semiestruturada com o gerente administrativo da organização, questionando-o sobre a temática abordada no estudo e permitindo que o entrevistado discutisse livremente sobre questões levantadas durante o diálogo.

A pesquisa no ambiente empresarial se deu no decorrer de três dias. Ao fim, os dados

foram tratados, analisados e o resultados foram expostos no formato das ferramentas de diagnósticos utilizadas, todos interpretados com embasamento teórico, buscando, assim, estabelecer conclusões a respeito da expansão da empresa ao novo ambiente de negócio.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA

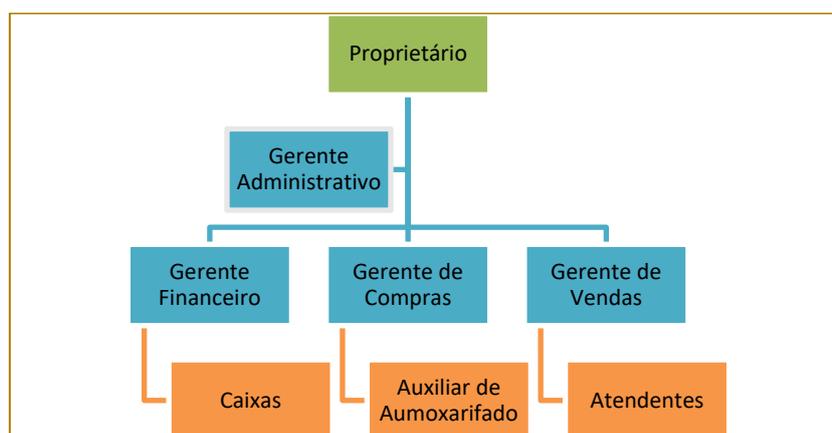
A empresa é uma especialista no comércio de calçados. Está localizada no principal centro comercial do município de Parintins-AM, que compreende a Rua João Melo e arredores, no Centro da cidade. Ao longo dos anos, foi

aumentando sua carteira de clientes, tornando-se uma das maiores potências no comércio de calçados local, chegando a atender municípios vizinhos.

O principal diferencial desta empresa é a venda produtos de marcas com grande valor no mercado. Sua estrutura de vendas é composta por uma loja devidamente equipada e caracterizada para o segmento, além da qualidade e eficiência nos serviços.

Os principais produtos oferecidos pela empresa são: tênis esportivos, sapatos sociais, sandálias e chinelos, além de meias, mochilas e artigos esportivos, como bermudas térmicas, bolas e cantis.

Figura 4 – Estrutura Operacional da Empresa



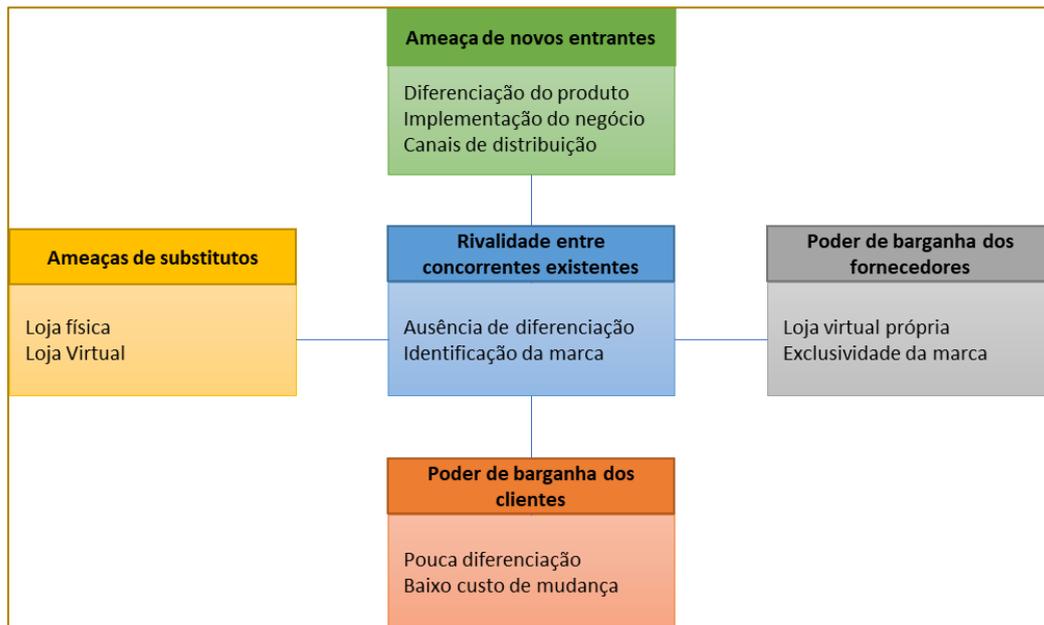
Fonte: Autoria própria (2017)

A estrutura operacional conta com um corpo de colaboradores composto de 15 pessoas, entre caixas, assistentes de almoxarifado, atendentes, e o corpo gerencial (Figura 4). Os clientes podem parcelar suas compras nos cartões de crédito e para pagamento à vista a loja concede 10% de desconto. Como forma de publicidade a empresa utiliza outdoors para anunciar promoções sazonais, TV, rádio e página no Facebook, onde são atualizados os modelos, novas coleções etc.

### 4.2. ESTUDO DAS 5 FORÇAS DE PORTER

A ferramenta permitiu analisar o grau de atratividade do um mercado, identificando os fatores que afetam a competitividade. Na sequência, a Figura 5 ilustra a aplicação desta ferramenta:

Figura 5 – As forças de Porter sobre o comércio eletrônico



Fonte: Autoria própria (2017)

#### a) Ameaça de novos entrantes

- Diferenciação do produto: a empresa trabalha com a venda de marcas consagradas, todavia não tem exclusividade delas, o que possibilita um concorrente ofertar produtos semelhantes.
- Implantação do negócio: não há grande burocracia para abertura de uma empresa virtual, principalmente quando esta é apenas uma ramificação da empresa física. Por isso o comércio eletrônico é bem atrativo.
- Canais de distribuição: com o grande crescimento de empresas virtuais, também houve um aumento no número de empresas que oferecem serviços de distribuição.

#### b) Poder de barganha dos fornecedores

- Loja virtual própria: muitos fornecedores têm loja virtual própria, que agregam os clientes ao negócio, possibilitando obter margens maiores.
- Exclusividade de marca: terão alto poder de barganha os fornecedores que possuem marcas e modelos exclusivos. Desta forma, os fornecedores também se tornam concorrentes.

#### c) Poder de barganha dos clientes

- Pouca diferenciação: já existem lojas virtuais de calçados que vendem os mesmos produtos, às vezes com maior variedade de modelos, além das marcas com lojas próprias, portanto os clientes terão alto poder de barganha devido à pouca diferenciação entre os produtos e a existências de vários concorrentes.
- Baixo custo de mudança: os clientes podem facilmente escolher outra loja virtual caso não estejam satisfeitos com os produtos ofertados.

#### d) Ameaças de substitutos

- Lojas físicas: embora em menor quantidade, ainda existem pessoas inseguras diante da compra online. Essa parcela de clientes inseguros quanto ao comércio eletrônico pode ser decisiva quanto ao estabelecimento da empresa na internet.
- Lojas virtuais: os clientes irão buscar lojas onde possa encontrar maior variedade de modelos e opções de pagamento, além de vantagens quanto à rapidez de entrega. Nesse quesito, empresas já consolidadas no comércio eletrônico terão vantagem devido sua estrutura já montada.

- Rivalidade entre concorrentes existentes
- Ausência de diferenciação: as lojas virtuais trabalham com produtos que se assemelham a commodities, não havendo muita diferença entre os produtos oferecidos.
- Identificação da marca: empresas consolidadas garantem mais segurança aos clientes frente a concorrentes menos conhecidos.

### 4.3. ANÁLISE SWOT

A partir da entrevista realizada com o gerente administrativo e os dados coletados dos relatórios da empresa, foi elaborada a Matriz SWOT (Quadro 1), onde são citadas as oportunidades e ameaças, forças e fraquezas da empresa estudada frente ao comércio eletrônico. A matriz é representada a seguir.

Quadro 1 – Matriz SWOT da empresa

Oportunidades	Ameaças
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Internet: novo mercado em ascensão;</li> <li>▪ Municípios vizinhos com deficiência no atendimento aos consumidores;</li> <li>▪ Rapidez na entrega ao consumidor na própria cidade e em municípios vizinhos;</li> <li>▪ Mudança de hábitos de compras do consumidor;</li> <li>▪ Crescimento e expansão do negócio;</li> <li>▪ Divulgação da marca;</li> <li>▪ Inserção instantânea no mercado;</li> <li>▪ Loja disponível 24h por dia em 365 dias por ano;</li> <li>▪ Grande número de pessoas com acesso à internet;</li> <li>▪ Consumidores satisfeitos com compras que já efetuaram online;</li> <li>▪ Transações mais seguras;</li> <li>▪ Expansão geográfica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Entrada de novos concorrentes;</li> <li>▪ Velocidade da internet;</li> <li>▪ Fornecedores com site de venda próprio;</li> <li>▪ Alto poder de barganha do consumidor;</li> <li>▪ Resistência de alguns consumidores: medo e insegurança;</li> <li>▪ Mudança na regulamentação;</li> <li>▪ O mercado pode ficar saturado (excesso de ofertas);</li> <li>▪ Mudança na tributação.</li> </ul>
Forças	Fraquezas
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Empresa consolidada no mercado tradicional;</li> <li>▪ Estrutura da loja física útil para virtual;</li> <li>▪ Produto conveniente;</li> <li>▪ Boas condições financeiras;</li> <li>▪ Estoque por demanda;</li> <li>▪ Canal dinâmico, versátil e personalizado;</li> <li>▪ Poder de barganha sobre fornecedores;</li> <li>▪ Conhecimento constante do perfil de clientes a partir do CMR;</li> <li>▪ Relações mais ágeis;</li> <li>▪ Clientes potenciais já conhecem a loja física.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Funcionários não capacitados para tal atendimento;</li> <li>▪ Tecnologia de Informação insuficiente;</li> <li>▪ Tempo de entrega;</li> <li>▪ Frete;</li> <li>▪ Custos (despesas) com trocas e devoluções;</li> <li>▪ A força dos concorrentes: empresas conceituadas;</li> <li>▪ Empresa entrante no mercado digital;</li> <li>▪ Distância dos fornecedores.</li> </ul>

Fonte: Autoria própria (2017)

Como força, pode-se destacar o fato de a empresa ter um posicionamento sólido no mercado tradicional, pelo seu nome e tempo de atuação na região, e esse reconhecimento pode ser transmitido à loja virtual, devido a isso, a empresa demonstra alto poder de barganha com os fornecedores. Destaca-se também a Estrutura da loja física útil para virtual as boas condições financeiras, uma vez que a expansão exigirá investimentos em infra tecnologia e infraestrutura.

As fraquezas se concentram, principalmente, na falta de mão de obra especializada para o novo tipo de comércio, o que indica a necessidade de novas contratações e treinamentos; além da inexperiência no ramo. A empresa precisará ainda desenvolver uma estrutura logística para distribuição dos seus produtos, o que pode ser um fator decisivo no sucesso no comércio eletrônico.

Foram encontradas diversas oportunidades que a empresa pode usufruir, das quais a ineficiência dos concorrentes em atender a região é a principal delas. Dessa forma, a empresa pode se inserir no mercado eletrônico objetivando, inicialmente, atender aos municípios vizinhos, o que fortaleceria a empresa a médio prazo, abrindo as oportunidades de expansão posteriormente.

Quanto as ameaças, verificou-se que a entrada de novos concorrentes próximos e, conseqüentemente, a saturação do mercado uma vez que os concorrentes locais atuais ao perceberem sua nova estratégia podem optar por adotá-la. Destacam-se ainda as mudanças de legislação e tributação do comércio eletrônico, que ainda está em processo de desenvolvimento no Brasil.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o grande crescimento do comércio eletrônico, muitas empresas visualizaram uma nova oportunidade de negócio, e começaram a investir. Todavia, independente da natureza da empresa, é necessário diagnosticar o ambiente de negócios o qual se pretende atuar, com o intuito de calcular os riscos do empreendimento e não comprometer os

recursos disponíveis em um investimento desconhecido.

A proposta geral desse trabalho consistiu em realizar um diagnóstico do ambiente de negócios do setor de calçados online, para expansão de uma loja do ramo do município de Parintins-AM no comércio eletrônico. A partir do embasamento teórico, aplicou-se as ferramentas de diagnóstico para levantar as oportunidades e ameaças assim como as forças e fraquezas do novo empreendimento, para verificação da possível expansão. A pesquisa proporcionou dados relevantes, uma vez que permitiu o estudo da exploração de um novo mercado para quem já tem uma boa fatia do mercado tradicional. De modo geral, pode-se considerar que o estudo permitiu à empresa conhecimento do ambiente ao qual pretende atuar, e os resultados obtidos virão a auxiliar na tomada de decisão da expansão ou não da empresa no e-commerce.

Como recomendação ao empreendedor da organização, sugere-se a abertura do empreendimento virtual, visto todas as oportunidades diagnosticada no decorrer deste trabalho que este novo mercado oferece. Com base nas informações, a loja apresenta alta probabilidade de sucesso considerando sua trajetória bem-sucedida e sua carteira de clientes no mercado tradicional, que ganharão mais um canal de compras junto a empresa, especialmente aqueles que moram em outros municípios e restringem suas compras aos períodos em que visitam a cidade de Parintins para tratar de outros assuntos. Desta forma, a empresa não objetiva concorrer com as grandes lojas do comércio eletrônico, mas oferecer um novo canal de acesso aos seus consumidores.

Recomenda-se que, para trabalhos futuros, possam ser detalhadas todas as variáveis do macro ambiente, bem como as do ambiente interno à organização, de modo a deixar ainda mais claro as conclusões sobre a posição da empresa frente ao mercado digital, além de um estudo da viabilidade financeira da expansão.

## REFERÊNCIAS

- [1] AGUIAR, F.C.; RABBI, B.; MONTEIRO, F.N.C.; SILVA NETO, R. Análise de Viabilidade de Implantação de uma Franquia fast-food no Município de Santo Antônio de Pádua. In: XXXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Joinville, SC, 2017.
- [2] ALAM, S. S.; YASIN, N. M. An investigation into the antecedents of customer satisfaction of online shopping. *Journal of Marketing Development and Competitiveness*. v. 5, n. 1, p. 71–80. 2010.
- [3] ANDRADE, Luiza. Conheça seu mercado fazendo a análise das 5 forças de Porter! Publicado em 28 de nov. de 2017. Disponível em: <<https://www.siteware.com.br/metodologias/analise-das-5-forcas-de-porter/>> Acesso em: 02 fev. 2018.
- [4] BELLETI, Aline. Diagnóstico do Ambiente de Negócios do Setor Calçadista Online: um estudo para expansão da loja Petipé Calçados no e-commerce. Tijuca: Univali, 2013. Relatório de Estágio – Programa de Graduação em Administração, Centro de Ciências Sociais Aplicadas, Universidade do Vale do Itajaí, Tijuca, 2013.
- [5] BOGDAN, R. S.; BIKEN, S. Investigações qualitativas em educação: uma introdução à teoria e aos métodos. 12.ed. Porto: Porto, 2003.
- [6] CAMPOS, Rômulo. Matriz SWOT e a Gestão da Qualidade. Publicado em 23 de set. de 2016. Disponível em: <<http://www.administradores.com.br/artigos/negocios/matriz-swot-e-a-gestao-da-qualidade/98483/>> Acesso em: 02 nov. 2017.
- [7] CARVALHO, C. P. Planejamento estratégico. Estudo de caso no mercado de farmácia de manipulação. In: XXXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Fortaleza, 2015.
- [8] CHIAVENATO, Idalberto; SAPIRO, Arão. Planejamento Estratégico: fundamentos e aplicações. 2ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.
- [9] EBC. Empresa Brasil de Comunicação S/A. Relatório aponta Brasil como quarto país em número de usuários de internet. Disponível em: <<http://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2017-10/relatorio-aponta-brasil-como-quarto-pais-em-numero-de-usuarios-de-internet>> Acesso em: 02 nov. 2017.
- [10] E-bit (2017). Relatório Webshoppers, Ed. 35. Disponível em: <[http://img.ebit.com.br/webshoppers/pdf/35\\_webshoppers.pdf](http://img.ebit.com.br/webshoppers/pdf/35_webshoppers.pdf)>. Acesso em: 02 nov. 2017.
- [11] GERALDO, Graciela C.; MAINARDES, Emerson W. Estudo sobre os fatores que afetam a intenção de compras online. *REGE – Revista de Gestão*. v. 24, p. 181-194, dez. 2017.
- [12] GREBLIKAITE, J.; PERVAZAITE, D. (2014). Ethical issues related to e-commerce: case of discount e-shopping site in Lithuania. *European Integration Studies*. v.8, n. 1, p. 124–130. 2014
- [13] MATTAR NETO, João Augusto. Metodologia na era da informática. 2 ed. São Paulo: Saraiva, 2005.
- [14] NAKAGAWA, Marcelo. 5 forças de Porter (Clássico). Movimento empreenda – SEBRAE. São Paulo: Editora Globo, 2012.
- [15] PILÍK, M. Selected factors influencing customers' behaviour in e-commerce on B2 C markets in the Czech Republic. In *International Conference on Information Management and Evaluation*. Academic Conferences International Limited. p. 121, set. 2013.
- [16] POCAHI, E.L. Como desenvolver uma matriz ou análise SWOT FOFA. Publicado em 29 de mai. de 2017. Disponível em: <<http://pensegrande.net/como-desenvolver-matriz-analise-swot-fofa/>> Acesso em: 02 fev. 2018.
- [17] PORTER, Michael. Estratégia Competitiva: técnicas para análise de indústria e da concorrência. 2. ed. 7ª tiragem. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.
- [18] ROESCH, S.M.A. Projeto de estágio e de pesquisa em administração: guia para estágios, trabalhos de conclusão de curso, dissertações e estudos de caso. 3.ed. 5 reimpr. São Paulo: Atlas, 2009.
- [19] YANAZE, Mitsuru Higuchi. Gestão de Marketing e Comunicação: avanços e aplicações. 1. ed. São Paulo: Saraiva, 2007.

# Capítulo 19

## DESENVOLVIMENTO DE UM MODELO DE NEGÓCIO, APLICANDO OS CONCEITOS DE DESIGN THINKING E STARTUP ENXUTA

*Guilherme Calderucio Duque Estrada*

*Ricardo Miyashita*

*Diego Cesar Cavalcanti de Andrade*

**Resumo:** O Design Thinking permite o desenvolvimento de produtos através de técnicas que facilitam a obtenção de empatia com o usuário da solução. Por outro lado, a Startup Enxuta visa o desenvolvimento de negócios sustentáveis economicamente. O objetivo deste artigo é combinar esses dois conjuntos de procedimentos em um caso específico para chegar a um modelo de negócios que aproveita vantagens de ambos. O caso em questão é a experiência de compras em supermercados.

## 1. INTRODUÇÃO

Este artigo visa descrever o desenvolvimento do modelo de um negócio gerido por dois jovens com a intenção de empreender através de uma solução eficaz para um problema enfrentado por parte da sociedade. Ambos desejavam se tornar empreendedores e, ao identificarem problemas ligados à falta de conveniência na experiência de compras de supermercado na cidade do Rio de Janeiro, decidiram realizar este projeto.

Os dois artefatos escolhidos para embasar esse modelo de negócio são: Design Thinking e Startup Enxuta. Ambos foram utilizados de forma complementar durante o projeto de desenvolvimento do modelo de negócios que será detalhado nos tópicos seguintes deste artigo. A seguir aprofundaremos na teoria sobre estes dois modelos de desenvolvimento.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

Design Thinking consiste num conjunto de procedimentos voltados para a resolução de problemas. Essa abordagem deve aproximar os responsáveis pela solução dos problemas com a forma de pensar dos designers. Uma das principais vantagens do Design Thinking é a busca da empatia com o usuário da solução proposta (BROWN, 2008)

Há várias formas de implementar o Design Thinking. Um modelo que viabiliza a implementação é o proposto pelo Design Council (2015) e consiste em quatro etapas. Cada uma destas etapas possui um conjunto de técnicas associadas. São elas

- Descobrir (Discover) onde são feitas observações dos usuários para identificar as necessidades reais, suas “dores”, as lacunas existentes nos produtos e serviços atualmente ofertados;
- Definir (Define), em que é feita a escolha do foco de desenvolvimento do projeto;
- Desenvolver (Develop), onde é feita a ideação do produto ou serviço e;
- Entregar (Deliver), onde é feita a prototipagem e melhoria do produto ou serviço desenvolvido.

A Startup Enxuta é um método para o desenvolvimento de negócios e produtos

baseado na manufatura enxuta. O criador deste método, Eric Ries, define startup como instituição humana designada a entregar um novo produto ou serviço sob condições de extrema incerteza (RIES, 2011). O método consiste em um conjunto de técnicas adaptadas da manufatura enxuta voltadas para o crescimento sustentável do negócio, através da redução da incerteza sob a qual opera a organização.

Ries (2011) questiona a validade do planejamento tradicional em ambientes de negócios de alta incerteza pelo fato de ser embasado em pressupostos que não são previamente validados. O autor propõe uma nova forma de planejamento e gestão que permite reduzir essa incerteza, evitando desperdício de tempo e recursos financeiros.

Segundo essa teoria, o planejamento deve começar pela definição da proposta de valor e pelo reconhecimento de hipóteses de dois tipos: de valor e de crescimento.

A proposta de valor (Osterwalder et al., 2014) é o conjunto de produtos e serviços de uma instituição que criam valor para o cliente. Valor é entendido como a interseção entre o que o cliente espera, deseja ou gostaria (caso fosse surpreendido) e o que a instituição lhe oferece. Para projetar uma proposta de valor, é necessário definir o perfil do segmento de cliente que se pretende atingir e criar um mapa de valor que se encaixe ao perfil definido.

A definição do perfil do cliente se inicia com a definição dos jobs que o cliente realiza ou, pelo menos, pretende realizar. Eles podem ser funcionais (as tarefas que o cliente deve realizar para resolver seus problemas), sociais (como o cliente pretende ser visto), pessoais (como o cliente deseja se sentir) e de apoio (tarefas que o cliente realiza como participante do processo de produção do produto ou serviço que ele recebe).

A partir dos jobs, é possível definir as dores e os ganhos do cliente. As dores englobam tudo aquilo que incomoda o cliente antes, durante e depois da realização de um job. Já os ganhos se referem às vantagens que o cliente gostaria de obter durante a realização de um job, sejam elas esperadas inicialmente por ele ou não. Com isso, o perfil do cliente é traçado inicialmente.

Seguindo o processo de desenvolvimento da proposta de valor, deve ser definido o mapa de valor, que é uma representação que

demonstra como o conjunto de produtos e serviços da instituição gera valor para o segmento de clientes. Ele se inicia pela simples listagem dos produtos e serviços que se pretende ofertar. Em seguida, o empreendedor deve definir os aliviadores de dores (elementos integrantes dos produtos e serviços que resolvem ou amenizam algumas das dores dos clientes) e os criadores de ganhos (elementos integrantes dos produtos e serviços que proporcionam a obtenção de alguns ganhos para o cliente).

A conclusão do desenvolvimento inicial da proposta de valor ocorre quando há o fit (encaixe) entre todos os elementos do mapa de valor e alguns elementos do perfil do cliente.

Mesmo sendo possível traçar inicialmente a proposta de valor somente com os procedimentos descritos acima, é importante reconhecer que ela não necessariamente representa a realidade. Para garantir a adesão da proposta de valor à realidade, é necessário reconhecer que os elementos que constituem o perfil do cliente e o mapa de valor são apenas hipóteses, até que elas sejam validadas. As hipóteses de valor são aquelas referentes ao valor que o produto gera para o público-alvo escolhido, ou seja, os diferentes elementos que constituem a proposta de valor. Já as de crescimento se referem ao motor de crescimento escolhido pela empresa, que pode ser recorrente, viral ou pago.

Segundo Ries (2011) a primeira versão de um produto deve ser um Produto Mínimo Viável (Minimum Viable Product – MVP), que consiste em um produto com o mínimo de atribuições possível para que seja possível testar as hipóteses iniciais do negócio, evitando custos e gasto de tempo desnecessários com recursos que envolvem hipóteses ainda não validadas. Após testar as

hipóteses do MVP, o empreendedor deve escolher entre perseverar e “pivotar”.

Perseverar significa manter o MVP e continuar testando novas hipóteses ligadas ao aumento do valor ou do crescimento da empresa. “Pivotar” significa utilizar o aprendizado obtido com o MVP atual para criar um novo baseado em novas hipóteses de valor e crescimento que ainda não tenham sido refutadas.

### 3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Os procedimentos metodológicos utilizados no desenvolvimento do modelo de negócios tiveram como base o Design Thinking e podem ser resumidos na figura abaixo. É importante lembrar que não há linearidade entre as etapas do Design Thinking. Por isso, não necessariamente todos os eventos de uma etapa ocorrerão antes do início da posterior.

A Revisão da Literatura teve como foco os temas: Design Thinking e Startup Enxuta. A revisão sobre o Design Thinking teve como objetivo compreender melhor o pensamento não linear dos designers e as principais técnicas, bem como conhecer casos de aplicação desse conjunto de procedimentos a diferentes situações de desenvolvimento de produtos. Já a revisão sobre Startup Enxuta possuiu o objetivo de entender os detalhes da teoria e observar outros casos de seu uso que resultaram no desenvolvimento de um Minimum Viable Product (MVP).

Na etapa de Observação são levantadas informações sobre as dores do cliente. Para isso, foram utilizadas técnicas como: observações in loco, jornada do usuário, shadowing, cliente oculto, pesquisa sobre soluções existentes para as demandas do cliente e entrevistas com usuários.

FIGURA 1: Metodologia utilizada



Fonte: elaboração própria

Na Definição temos a análise das informações coletadas na etapa anterior visando o desenvolvimento do briefing, que é uma breve definição do escopo do produto a ser desenvolvido.

Já a Ideação consiste no desenvolvimento das características de uma primeira solução apresentada para o briefing definido.

Na fase de prototipagem e melhorias o objetivo é a entrega de um produto que atenda da melhor forma possível as características definidas na etapa de ideação. Aqui pode ser criado um modelo de negócio a partir da definição da proposta de valor e utilizar algumas técnicas da Startup Enxuta para desenvolvimento do MVP.

## 4. DESENVOLVIMENTO DO MODELO DE NEGÓCIOS

### 4.1 OBSERVAÇÃO

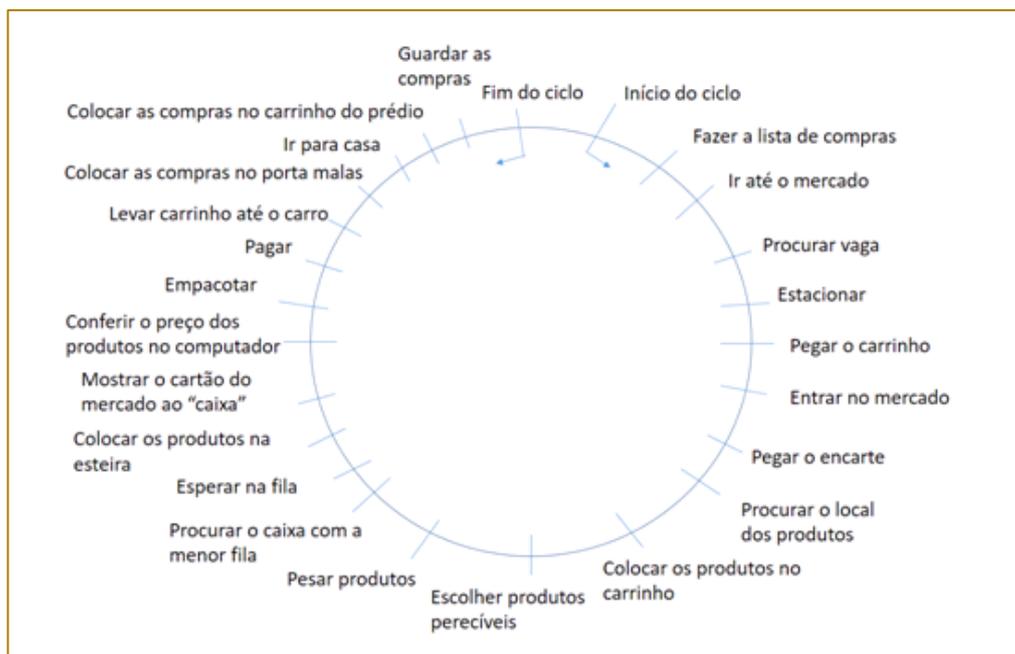
A primeira etapa no desenvolvimento do modelo de negócio é a da Observação. Para coletar informações algumas técnicas do Design Thinking foram utilizadas. A técnica da Jornada do Usuário permitiu ter uma noção inicial sobre as "dores" dos clientes e revelou uma grande quantidade de etapas no processo de compra exigindo muito tempo dos consumidores.

Outra técnica utilizada foi a pesquisa por soluções de conveniência no varejo existentes no Brasil e em outros países. Esse levantamento ajuda no direcionamento futuro de novas soluções que serão buscadas nas fases posteriores do Design Thinking. As soluções existentes no Brasil descobertas são: os e-commerces dos supermercados que já têm tradição com lojas físicas, os

supermercados que têm toda a sua operação online, entregadores de feiras que combinam a entrega de maneira informal com os clientes e uma padaria com sistema drive-through.

Além dessas soluções, as descobertas em outros países foram: os click and collects, os drives e os sistemas de personal shoppers. Os click and collects consistem em sistemas nos quais o cliente faz o pedido pelo site, agenda a retirada das compras e se dirige até a loja no horário agendado para buscar o carrinho já pronto com o seu pedido. Suas principais vantagens são a rapidez e o baixo valor do serviço, que chega a zero em alguns casos. Esses sistemas são usados em estabelecimentos que já fazem vendas físicas. Os drives são armazéns que fazem 100% das suas vendas em sistemas do tipo click and collect. Suas vantagens são as mesmas do sistema anterior, mas eles são mais eficientes, dado que toda a operação é projetada para funcionar dessa forma. Os sistemas de personal shoppers são aqueles em que o cliente, independentemente de ter que buscar suas compras na loja ou não, tem suas compras feitas por um comprador designado. Em alguns casos, como realizado por uma loja conceito de uma rede de supermercados inglesa, o cliente espera em um lounge, onde o seu personal shopper anota seu pedido, faz suas compras e o ajuda a levá-las até o carro. Em outros, como no caso de aplicativos dos Estados Unidos e da Espanha, um marketplace de supermercados designa um personal shopper cadastrado no seu sistema para fazer as compras do cliente. Essa solução gera um custo maior, que costuma ser repassado para o cliente, mas tende a aumentar a qualidade do serviço por outro lado.

FIGURA 2: Jornada do Usuário de Supermercados do Rio de Janeiro



Fonte: elaboração própria

A utilização da técnica de pesquisa de opinião realizada com usuários de supermercados não teve a intenção de extrair números estatisticamente representativos da população estudada. Ao invés disso, foram buscados mais insights a respeito da visão dos usuários sobre as soluções usadas por eles hoje para fazer compras de supermercado, bem como obter mais conhecimento sobre a opinião deles quanto as soluções de conveniência já existentes. As principais conclusões que obtidas foram:

- Apesar de não refletir a opinião da maioria, há usuários que consideram prazerosa a experiência de ir ao supermercado fazer compras e não abdicariam dessa experiência para obterem mais praticidade nessa experiência;
- Muitos clientes de estabelecimentos que já possuem soluções de conveniência desconhecem essas opções;
- São variados os motivos pelos quais há usuários que rejeitam os sistemas de entrega atuais, mas a principal é a falta de confiança na qualidade desses serviços.

Na técnica do Service Safari foi utilizado o serviço online de entrega do supermercado

mais usado na cidade do Rio de Janeiro com o objetivo de se colocar na posição do cliente e sentir suas necessidades. As seguintes observações foram feitas ao longo do processo:

- O site oferece uma série de facilidades no momento de escolher os produtos, como utilizar uma lista de compras salva anteriormente pelo usuário ou filtrar os produtos seguindo determinadas restrições alimentares (ex: produtos vegetarianos ou produtos sem lactose);
- A encomenda chegou com atraso;
- Um dos produtos não estava bem conservado.

#### 4.2 DEFINIÇÃO

Tendo como base as informações coletadas na etapa anterior, foi possível chegar a duas ideias:

- O Byefila, que consistiria em um aplicativo no qual o cliente escolheria o supermercado, montaria seu carrinho e buscaria suas compras no estabelecimento no horário marcado, como em um sistema de click and collect;

- O Personal Shoppers seria um aplicativo em que o usuário escolheria os produtos e agendaria a entrega. Um personal shopper cadastrado, então, seria designado para fazer as compras em um atacarejo (estabelecimento que vende, tanto no atacado como no varejo, e tem, na grande maioria das vezes, preços mais baixos) e a entrega na residência do cliente no horário marcado. Dessa forma, poderíamos garantir um serviço de qualidade e entregas mais rápidas do que os sistemas tradicionais de delivery de supermercado, já que, ao contrário

desses sistemas, que buscam entregar as compras de vários clientes em uma única rota, faríamos uma entrega de cada vez. Como os personal shoppers seriam beneficiados ou punidos de acordo com a avaliação feita a eles pelos clientes, eles buscariam a todo momento prover o melhor serviço possível.

Para escolher qual ideia seguiria para a etapa de desenvolvimento, foi utilizado o Método de Pugh. Foram definidos critérios de avaliação aos quais foi dado o mesmo peso. O referencial usado foram os serviços online de entrega de supermercado a domicílio.

FIGURA 3: Primeira Matriz de Pugh

	SERVIÇOS ONLINE DE ENTREGA	Byefila	Personal Shoppers
Facilmente prototipável			-
Potencial de lucro (em 5 anos)		--	+
Baixo investimento inicial		--	-
Baixo custo variável		+	++
Potencial de crescimento (em 5 anos)		+	++
Inovação		+	++
Praticidade		-	+
Baixa resistência		+	-
Qualidade do serviço		+	++
Preço do serviço		+	-
Total de sinais positivos		6	11
Total de sinais negativos		6	3
<b>SALDO</b>		<b>0</b>	<b>8</b>

Fonte: elaboração própria

Para não haver dúvidas ao longo das próximas etapas quanto à definição da ideia escolhida, batizada com o nome de Personal Shoppers, ela foi descrita através de um briefing:

Será elaborada uma plataforma que interliga pessoas que têm dificuldade em fazer compras de supermercado com profissionais eficientes e educados que fariam suas compras e seriam pagos pelo serviço, com uma economia esperada entre 5% e 25% para o usuário.

Após a definição precisa da ideia que seria desenvolvida, com o intuito de auxiliar na identificação inicial de perfis de usuários potenciais do produto, foram definidas

algumas personas que o produto buscará atingir. As personas foram divididas entre aquelas voltadas para usuários e aquelas voltadas para entregadores.

#### 4.3 IDEIAÇÃO

Nessa etapa, foram desenhadas as telas do aplicativo com o intuito de desenvolver com mais detalhes a ideia definida na etapa anterior. O desenho das telas do aplicativo foi útil no sentido de aumentar a capacidade de antecipação das funcionalidades que o aplicativo terá que cumprir, bem como dos processos de front-office e back-office associados ao serviço.

#### 4.4 PROTOTIPAGEM E MELHORIAS

Essa etapa foi iniciada com a criação de um MVP para que pudéssemos iniciar as operações com os recursos que já possuíamos. Colocando esse produto ainda incompleto no mercado, já poderíamos aumentar o nosso conhecimento sobre o cliente e pivotar o MVP de acordo com a necessidade.

Com a experiência do primeiro MVP, foi percebido que alguns clientes tendiam a desistir de suas compras no meio do processo devido à demora (para adicionar

cada produto no carrinho virtual, eram necessários 2 cliques – para uma média de 30 produtos, eram necessários 60 cliques, além dos dados pessoais do cliente, necessários para a realização da entrega). Sendo assim, foi necessário realizar uma melhoria no aplicativo: o cliente poderá fazer seu login com todos os seus dados pessoais automaticamente ao abri-lo, colocar cada item no carrinho com apenas um clique e salvar suas listas de compras, agilizando os pedidos futuros, retomando, assim, uma ideia surgida na fase de Ideação.

FIGURA 4: Segunda Matriz de Pugh

	SERVIÇOS ONLINE DE ENTREGA	Personal Shoppers	Marketplace
Facilmente prototipável			+
Potencial de lucro (em 5 anos)		+	++
Baixo investimento inicial		-	-
Baixo custo variável		+	++
Potencial de crescimento (em 5 anos)		+	++
Inovação		+	+
Praticidade		+	++
Baixa resistência		-	-
Qualidade do serviço		++	+
Preço do serviço		-	-
Total de sinais positivos		8	10
Total de sinais negativos		3	4
<b>SALDO</b>		<b>5</b>	<b>6</b>

Fonte: elaboração própria

Além disso, foi vislumbrada uma oportunidade para fazer um pivô do tipo zoom-in. Os pivôs desse tipo são aqueles em que o novo modelo de negócio se resume a apenas uma parte do modelo anterior. Nesse novo modelo, o aplicativo passa a responsabilidade de fazer as compras e a entrega das mesmas para o supermercado. Ao perceber que esse novo MVP permite abranger facilmente também outros tipos de negócios, poderíamos passar a atender também padarias, mercearias, farmácias e os demais estabelecimentos de bens de consumo não duráveis. Para comparar o modelo anterior com o novo modelo proposto, a equipe realizou uma nova matriz de Pugh, seguindo o mesmo referencial e critérios da anterior. Dessa forma, o novo briefing que definiu o

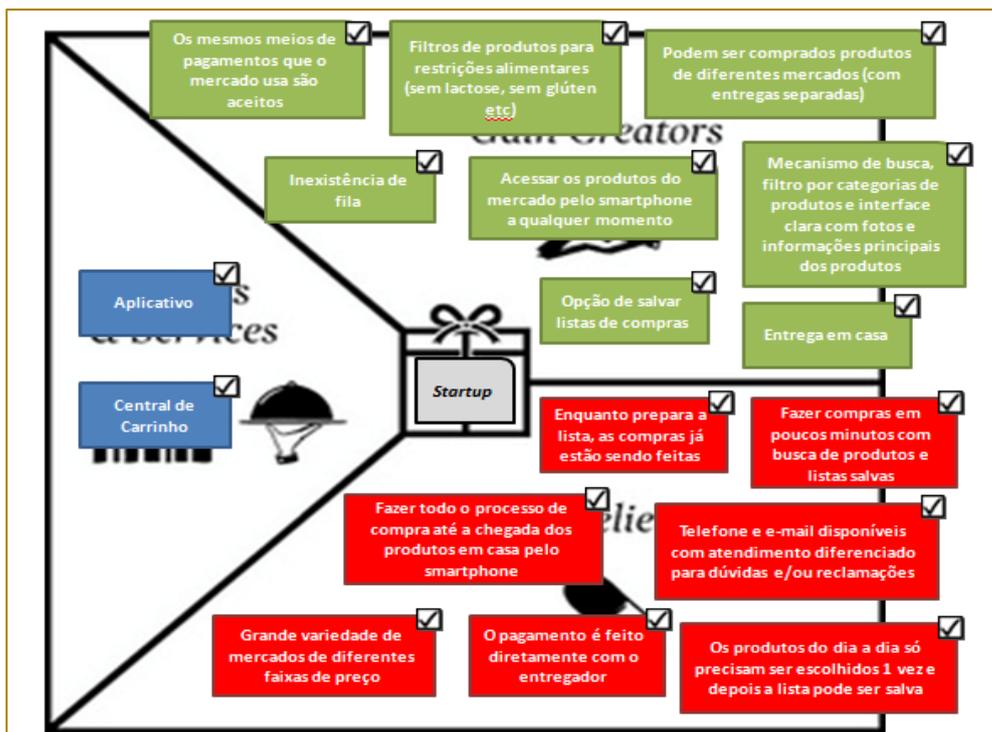
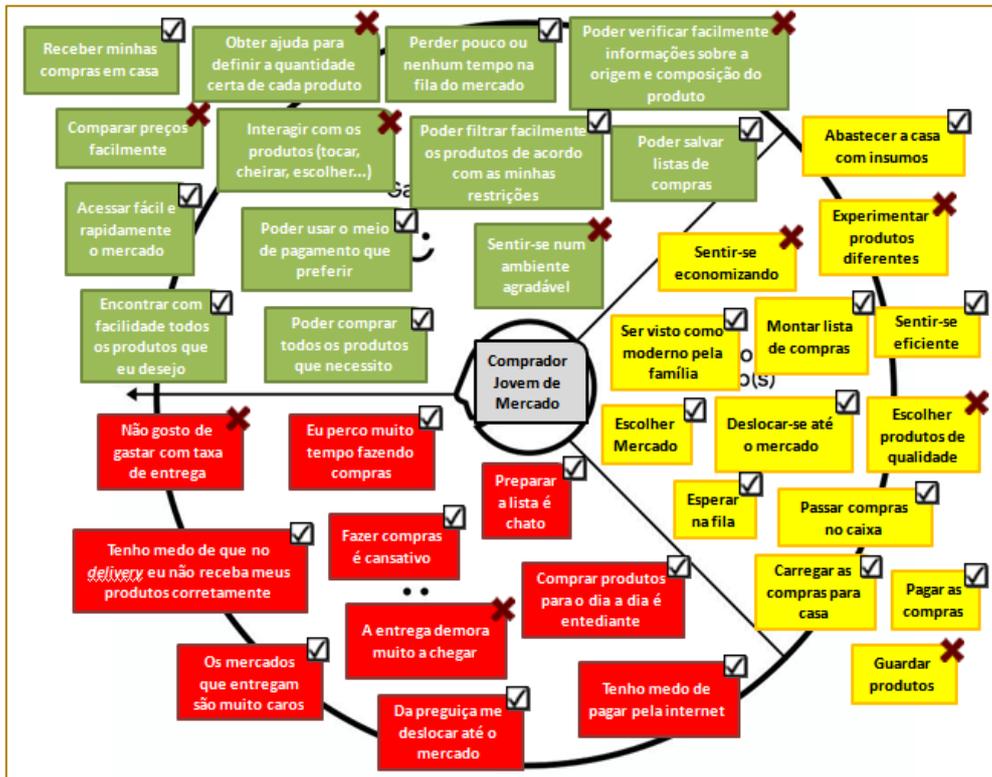
negócio foi o de um aplicativo de marketplace de bens de consumo não duráveis.

O usuário que no primeiro MVP, teve alta sensibilidade ao valor da taxa de entrega, passou a ser subsidiado pela plataforma. E o estabelecimento passou a ser cobrado através de um percentual no valor das compras. Esse percentual visa gerar uma relação ganha-ganha entre o estabelecimento e o aplicativo, já que a startup precisa gerar vendas para o seu parceiro para que tenha a sua própria receita. Como os personal shoppers foram removidos da plataforma, o custo de operação caiu consideravelmente e o empreendimento se torna mais facilmente escalável, dado que não é mais necessário ter um sistema que inclui recrutamento, cadastro,

acompanhamento e remuneração dos personal shoppers. Para compensar o menor controle sobre a qualidade na entrega, A Startup passou a ter uma central de atendimento própria que intermediará o

contato do cliente com o estabelecimento em caso de algum problema na entrega, visando soluções rápidas e eficazes para os problemas relatados usuários.

FIGURA 5: O fit do perfil do cliente (em cima) e o fit do mapa de valor (em baixo)



Fonte: elaboração própria

No intuito de reduzir drasticamente as defasagens de preço, bem como o custo de operação da empresa, a Startup não mais atualizará os dados dos produtos manualmente, ao invés disso, o aplicativo buscará esses dados fazendo consultas diárias aos bancos de dados utilizados pelo próprio estabelecimento. No novo MVP, o usuário, escolhe o estabelecimento, monta o seu carrinho e agenda a entrega. O pedido é repassado ao estabelecimento escolhido, que separa as compras do cliente e faz a entrega no horário agendado. Ao receber suas compras, o usuário avalia a entrega e dá seu feedback.

Nesta etapa também foram identificadas as hipóteses de valor com base no modelo de Osterwalder et al (2014). Neste artigo serão mostradas as hipóteses referentes ao seguinte segmento de clientes: compradores jovens de supermercados. Para definir o perfil desse segmento e, primeiramente, foi definido os jobs. Em seguida, foram listadas dores e ganhos relacionados com esses jobs.

A seguir foi criado o mapa de valor correspondente a esse perfil. Foram definidos os serviços oferecidos e os criadores de ganhos e aliviadores de dores associados a esses serviços e voltados para algumas dores e ganhos levantados anteriormente, fazendo com que o cliente também possa realizar com sucesso alguns dos seus jobs através dessa proposta de valor.

Para garantir que os procedimentos foram realizados corretamente foi realizado o fit entre o perfil do cliente e o mapa de valor. Foram utilizados símbolos que identificam quais dores (vermelho), ganhos (verde) e jobs (amarelo) foram atendidos no perfil do cliente e quais serviços (azul), aliviadores de dores (vermelho) e criadores de ganhos (verde) no mapa de valor correspondem a algum dos elementos do perfil do cliente. Como mostrado nas figuras 5, o fit foi atingido.

Com a proposta de valor pronta, a Startup iniciou uma nova etapa do desenvolvimento do aplicativo com o objetivo de testar suas hipóteses de valor, inicialmente, e, em seguida, as hipóteses de crescimento. À medida que essas hipóteses forem validadas ou refutadas, a equipe se aproximará mais de um modelo de negócio sustentável.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Design Thinking foi o principal direcionador do projeto. Algumas de suas técnicas se mostraram mais úteis do que outras. Aquelas que agregaram mais valor foram: a pesquisa de opinião com clientes em potencial, a pesquisa por soluções existentes para as dores dos clientes e o desenho das telas do aplicativo. Foram elas que forneceram a maior quantidade de informação que acabou sendo utilizada ao longo do projeto.

Dentre a ampla gama de técnicas que podem ser aplicadas no desenvolvimento de um modelo de negócios aplicando o Design Thinking, a escolha das técnicas específicas que foram utilizadas neste projeto se deu através da necessidade de informação sentida pelos empreendedores da Startup ao longo do desenvolvimento. Inicialmente, como essa necessidade não era tão clara, a equipe optou por ferramentas que poderiam levar a informações mais genéricas, como as entrevistas com potenciais usuários da solução a ser criada.

O casamento do Design Thinking com a Startup Enxuta se deu somente na fase de Prototipagem e Melhorias em que, primeiramente, o conceito de MVP foi usado e, no segundo MVP, também foi definida a proposta de valor, que permitirá os testes das hipóteses de valor. No entanto, as etapas prévias do Design Thinking aumentaram a confiança da equipe no modelo definido, já que, apesar de ainda não ter tido suas hipóteses de valor ou crescimento testadas, eles foram fruto de técnicas que já permitiram a coleta de inputs do mercado. Além disso, a definição da proposta de valor poderia ter sido iniciada com a identificação do perfil do cliente já na etapa de Observação.

Enquanto a alternância entre pensamentos divergentes e convergentes do Design Thinking permitiu o ganho de criatividade e profundidade no desenvolvimento do produto, além da empatia com o cliente, a Startup Enxuta levou a equipe à busca por um modelo de negócios economicamente sustentável.

Este artigo mostra, através de um exemplo, que o Design Thinking e a Startup Enxuta podem ser úteis quando aplicados em conjunto. O resultado do projeto pode incentivar outras equipes de desenvolvimento de produto a combinarem esses dois conjuntos de procedimentos. A forma como o Design Thinking e a Startup Enxuta foram combinados no projeto não necessariamente

é a única possível ou a melhor. A partir deste projeto, outros trabalhos com o mesmo tema podem ser desenvolvidos e, após diferentes combinações serem adotadas e publicadas, será de grande utilidade um estudo

comparando os resultados de cada uma dessas formas, o que pode levar até a uma avaliação da possibilidade de criação de um modelo único ideal de combinação dos dois conjuntos de práticas.

## REFERÊNCIAS

[1] BROWN, T. Design Thinking. Harvard Business Review. June. 2008

[2] DESIGN COUNCIL; The Design Process: What is the Double Diamond?. Disponível em: <<https://www.designcouncil.org.uk/news-opinion/design-process-what-double-diamond> > Acesso em junho de 2015.

[3] OSTERWALDER, Alexander; PIGNEUR, Yves; SMITH, Alan; BERNARDA, Gregory;

PAPADAKOS, Trish. Value Proposition Design: How to Create Products and Services Customers Want. John Wiley & Sons. 2014.

[4] RIES, Eric. The Lean Startup: How Today's Entrepreneurs Use Continuous Innovation to Create Radically Successful Businesses. Crown Business. 2011

# Capítulo 20

## *SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL NAS INDÚSTRIAS DE PROCESSAMENTO DE RESÍDUOS DE ORIGEM ANIMAL*

*Camilo Freddy Mendoza Morejon*

*Nathalia Vitoria Lima Morejon*

**Resumo:** No termo "sustentabilidade ambiental", principalmente no ambiente produtivo, por várias décadas, sempre prevaleceu o fator de custo como principal entrave na sua aplicação prática. O problema ambiental, tido como fator de custo, está com os dias contados, pois no atual cenário de consolidação da cultura da inovação brasileira, esses problemas serão transformados em oportunidades de desenvolvimento territorial sustentável. No presente artigo, com base de uma análise sistêmica, em torno da atividade industrial de processamento de resíduos de origem animal, pretende-se explicitar os elementos que sustentam a tese da sustentabilidade ambiental sem comprometer a viabilidade econômica das unidades produtivas. Para tanto, considerou-se como elemento de análise as atividades que compreendem a cadeia produtiva da indústria de carnes e suas particularidades relacionadas com as fontes de geração de resíduos sólidos, líquidos e gasosos e sua interação com as indústrias de Processamento de resíduos de origem animal. Nesse processo, será apresentado o grande potencial econômico dos resíduos das indústrias de carnes, bem como as oportunidades e gargalos para os resíduos de segunda geração proveniente das indústrias recicladoras de proteína de origem animal. Do ponto de vista propositivo, foram explicitados os desafios atemporais para os diversos protagonistas (Produtores de carne, empresários, pesquisadores e demais lideranças). Nesse novo cenário deve prevalecer a necessidade da geração, disseminação e aplicação do conhecimento de baixa, média e alta complexidade, isto por meio da parceria Universidade-Empresa (nos moldes da Lei de Inovação brasileira), afim de viabilizar a transformação dos problemas ambientais em oportunidades de desenvolvimento territorial sustentável.

## 1 INTRODUÇÃO

No desenvolvimento econômico mundial, por muitas décadas prevaleceu a exploração dos recursos naturais sem se preocupar com os impactos ao meio ambiente e nem com as consequências diretas e indiretas para a sociedade no futuro. Como consequência, efeitos da degradação ambiental e aumento da poluição, devido ao crescimento da industrialização, começaram a ser notados (FOGLIATTI et al., 2004).

No ano de 1960, devido ao cenário de crescimento industrial, populacional e de impactos ao meio ambiente, representantes de países industrializados elaboraram uma proposta para resolver questões ambientais como poluição, energia, saneamento, saúde, ambiente, tecnologia e crescimento populacional, por meio do "Relatório do Clube de Roma", que propunha "Limites de crescimento" (FOGLIATTI et al., 2004).

A partir de estudos realizados pelas Organizações das Nações Unidas (ONU), sobre as mudanças climáticas e crises ambientais mundiais, surge o termo "desenvolvimento sustentável". Na conferência Rio-92, junto ao relatório, foi difundida a definição do termo "desenvolvimento sustentável" referenciando às condições sistêmicas a partir das quais as atividades humanas, em escala mundial ou em escala local, não venham a perturbar os ciclos naturais além dos limites de resiliência dos ecossistemas nos quais são baseados e, portanto não empobrecem o capital natural que será herdado pelas gerações futuras (MANZINI, 2008).

Desta forma, se intensifica a preocupação mundial para se produzir num ambiente de desenvolvimento sustentável. Esse fato gerou, nas empresas, uma preocupação com a imagem de potenciais poluidores, procurando se adaptar aos novos padrões impostos de forma a reduzir seu potencial poluidor. Entretanto, do ponto de vista industrial, a coexistência do crescimento produtivo e o uso racional dos recursos a fim de se minimizar a geração de resíduos, visando o desenvolvimento sustentável, tornou-se uma tarefa difícil (ARRUDA, 2010).

No termo "Sustentabilidade ambiental", principalmente no ambiente produtivo, por várias décadas prevaleceu o fator de custo como principal entrave na sua aplicação. Segundo Pardi et al. (1996), do ponto de vista prático, a "Sustentabilidade ambiental" na

cadeia produtiva da proteína animal esta relacionado com o uso dos recursos naturais, a crescente produção e consumo de proteína animal e, a consequente geração, destinação e aproveitamento de resíduos dessas atividades.

De forma geral, ainda não há uma regulamentação específica para a destinação de cada resíduo gerado nos abates, pois a legislação ambiental apenas regula as cargas de efluentes líquidos, a destinação genérica dos resíduos sólidos e o controle das emissões atmosféricas (BARROS & LICCA, 2007).

Segundo Franco (2002), as opções para a destinação ou aproveitamento dos resíduos de origem animal em aterros sanitários, aterramentos, compostagem, queima, incineração ou aproveitamento por meio da reciclagem ainda esta em fase de consolidação.

Nesse cenário a utilização dos resíduos sólidos de origem animal como matéria prima alternativa para a produção de proteína na alimentação animal, passa a ter grande importância na sustentabilidade ambiental das atividades dos frigoríficos, abatedouros e indústrias de processamento de carnes (BELLAVAR, 2002; SINHORINI, 2013).

Nesse contexto, o presente artigo visa é a explicitação e a análise dos elementos sistêmicos que compreendem a cadeia produtiva das indústrias de abate e processamento de bovinos, aves, suínos e peixes, e sua relação com indústrias de processamento de resíduos de origem animal para a proposição de ações relacionadas com a sustentabilidade ambiental, como fonte para pesquisas científicas para um futuro.

## 2 ASPECTOS METODOLÓGICOS

O presente artigo esta fundamentado em uma pesquisa exploratória, aplicada e de caráter descritivo, delineado sob a forma de um estudo observacional, com base da experiência de estudos de caso em unidades produtivas localizadas na região Oeste do Estado do Paraná. A análise sistêmica, nos elementos interdependentes da cadeia produtiva de carne e seus derivados e, sua relação com as unidades processadoras de resíduos de origem animal para a produção de farinhas óleos e sebo serviu de base para explicitar os desafios para os diversos atores

da cadeia produtiva de proteína de origem animal.

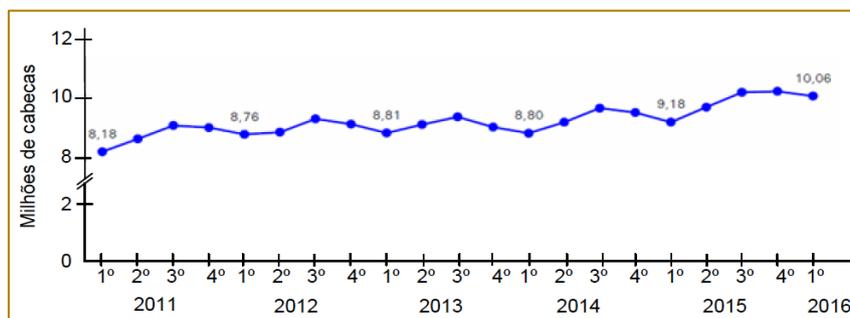
### 3 RESULTADOS

#### 3.1 PRODUÇÃO BRASILEIRA DE CARNES

Estudos realizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), apontam em

seus relatórios trimestrais o crescimento da produção de carnes no país. Como exemplo, na Figura 1 e Figura 2 se apresenta o panorama do abate nacional de suínos nos anos de 2011 a 2016, em milhões de cabeças abatidas por trimestre.

Figura 1 - Evolução trimestral brasileira do abate de suínos 2011-2016

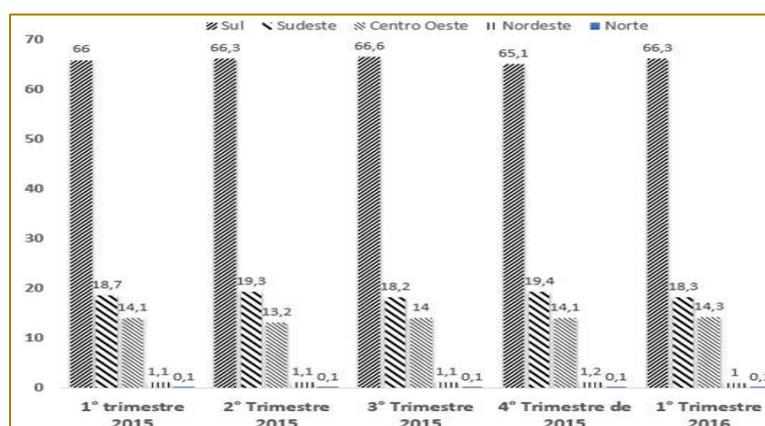


Fonte: Adaptado de IBGE 2011-2016

A maior produção agroindustrial acontece no Estado do Paraná, localizado na Região Sul do Brasil. Conforme Ranking apresentado pela Revista Exame, 17 cooperativas agroindustriais que possuem sede no Estado do Paraná estão entre as 1000 Melhores e Maiores Empresas do Brasil. De forma específica, a classificação das cooperativas (Coamo (48º); C.Vale (110º); Lar (144º);

Cocamar (193º); Copacol (220º); Agrária (261º); Integrada (265º); Castrolanda (282º); Coopavel (369º); Frimesa (324º); Frisia (334º); Copagrill (457º); Coasul (462º); Capal (566º); Bom Jesus (842º); Coagru (887º) e Unimed de Londrina (965º)), demonstra a intensa atividade agroindustrial em torno do abate e processamento de carnes no estado do Paraná.

Figura 2 - Ranking trimestral brasileiro do abate de suínos 2015 e 2016



Fonte: Adaptado de IBGE 2015 e 2016

No item Aves e Suínos a Coopacol (Cafelândia), figura em primeiro lugar, a C.Vale (Palotina), está em 4º lugar e a Coopavel (Cascavel), na 10ª colocação. A

Coamo, com sede em Campo Mourão, aparece em 4º lugar, entre 10 maiores lucros do agronegócio, e ocupa a 21ª posição entre as 50 maiores exportadoras. A Lar, aparece

na 49ª posição na classificação de maior expansão de vendas, e na 15ª posição no ranking das 50 maiores empresas do agronegócio por número de empregados, seguem a Copacol (14ª), C.Vale (23ª), Coamo (24ª), Frimesa (25ª) e Coopavel (29ª). No item ativo total, a Coamo ocupa a posição 17ª e a C.Vale a 37ª.

De modo geral, em 2015, as cooperativas do Estado do Paraná representaram 56% do PIB Agropecuário, faturando R\$ 60,3 bilhões, o que representa um valor de 19,4%, quando comparado ao ano anterior.

### 3.2 AS FONTES DE GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DE INDÚSTRIAS DE ABATE E PROCESSAMENTO DE CARNES

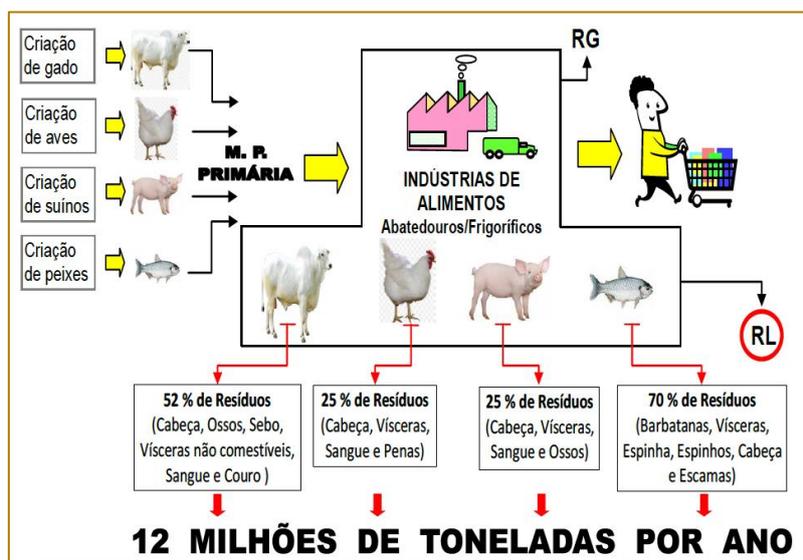
A intensa atividade das indústrias de abate e processamento de carnes é responsável pela geração de resíduos sólidos, líquidos e gasosos. Os resíduos gasosos compreendem os gases da combustão de lenha em caldeiras e os resíduos líquidos têm suas fontes nos processos de higienização dos materiais e equipamentos do processo. De todos, os resíduos sólidos representam um expressivo volume, somando em 2015 um

valor aproximado de 12 milhões de toneladas de subprodutos de origem animal.

Conforme esquema da Figura 3, nas indústrias de abate e processamento de carnes para alimentação, dependendo do abate, são gerados quatro classes de resíduos sólidos. Assim, no caso do abate de bovinos, do total abatido, 52% do peso corresponde ao resíduo sólido constituído de cabeças, ossos, sebos, vísceras não comestíveis, sangue e couro; no processamento de suínos, 25% corresponde ao resíduo sólido constituído de cabeça, vísceras, sangue e ossos; no processamento de frangos, 25% do peso corresponde ao resíduo sólido constituído de cabeças, vísceras, sangue e penas; e no processamento de peixes, 70% é descartado na forma de resíduos sólidos, este constituído de barbatanas, vísceras, espinha, espinhos, cabeça e escamas.

O aproveitamento primário em forma de carne, nas indústrias de bovinos, aves, suínos e peixes, respectivamente, representa 48%, 75%, 75% e 30%. O menor aproveitamento, em forma de file de peixes, acontece nos frigoríficos de peixes.

Figura 3 - Fontes de geração de resíduos sólidos nas indústrias de abate e processamento de carnes



Fonte: Resultados da Pesquisa



Segundo a Associação Brasileira de Reciclagem Animal (ABRA), o Brasil está entre os quatro maiores produtores de Proteína animal de segunda geração no mundo, sendo

responsável pelo processamento de aproximadamente 12 milhões de toneladas de subprodutos de origem animal ao ano.

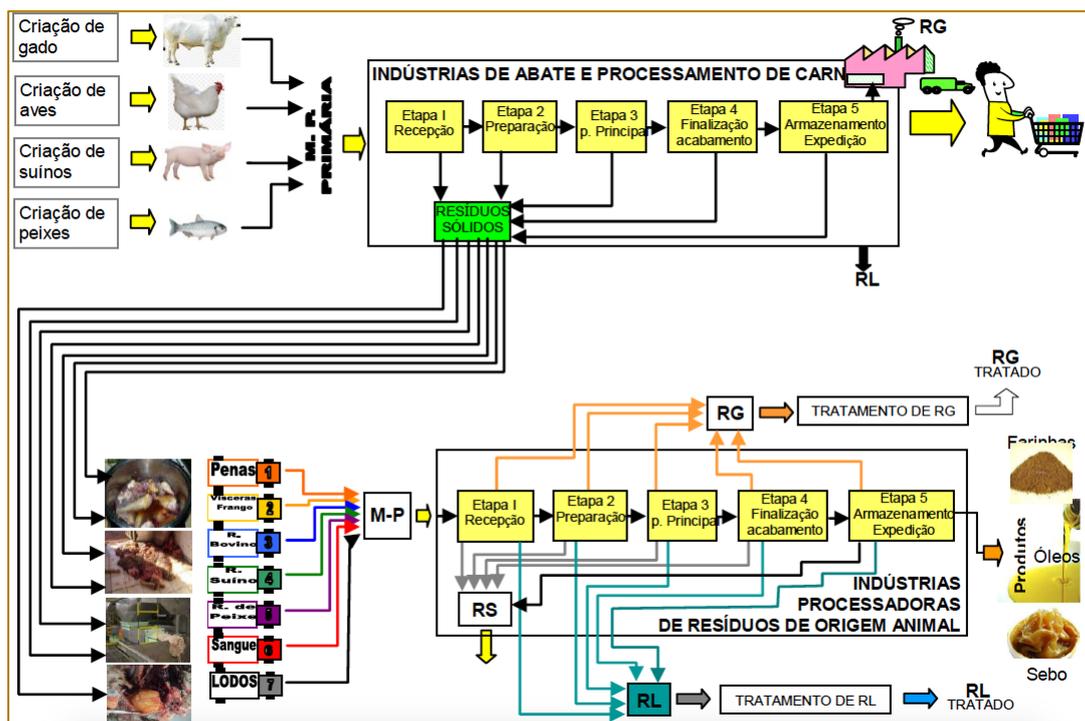
A região Sul, com 202 indústrias de processamento de resíduos sólidos de origem animal, representa 40% do total nacional, ocupando o primeiro lugar no volume de processamento de resíduos de origem animal. Em segundo lugar, a região Sudeste com 166 estabelecimentos representa 32% do total nacional. Em terceiro lugar, com 94 estabelecimentos a região Centro-Oeste

concentra 18% dos estabelecimentos. Em quarto lugar, a região Nordeste com 30 estabelecimentos congrega 6% do total nacional. Em quinto lugar, a região Norte, com 20 estabelecimentos congrega 4% das unidades processadoras de resíduos de origem animal.

### 3.5 RELAÇÃO ENTRE PROCESSOS INDUSTRIAIS PRIMÁRIOS E PROCESSOS RESULTANTES DO APROVEITAMENTO DOS RESÍDUOS

Na figura 1 se apresenta as etapas comuns nas indústrias de abate/processamento de carne e indústrias de processamento de resíduos sólidos de origem animal.

Figura 5 - Etapas comuns nas indústrias de abate/processamento de carne e indústrias de processamento de resíduos sólidos de origem animal



Fonte: Resultados da Pesquisa

De modo geral, conforme esquema da Figura 5, as indústrias de abate de animais e do processamento de carnes, acontece em cinco etapas: 1) a etapa de recepção da matéria prima e insumos; 2) a etapa de preparação; 3) a etapa do processo principal de transformação física e química; 4) a etapa de finalização e acabamento; e 5) a etapa de

armazenamento e expedição do produto final. As cinco etapas anteriormente descritas se constituem em fontes de geração de resíduos sólidos/subprodutos, os quais são acondicionados e depois transportados para as indústrias de processamento de resíduos de origem animal. De maneira análoga, nas indústrias de processamento de resíduos

sólidos de origem animal, também compreendem cinco etapas no processamento. Em cada etapa, são também gerados resíduos sólidos, líquidos e gasosos de segunda geração.

No Quadro 1, se apresenta as características, analogias e diferenças relacionadas com a gestão de resíduos sólidos líquidos e

gasosos. Nas indústrias de abate e processamento de carnes o maior volume de resíduos corresponde aos subprodutos sólidos, os quais se constituem em matéria prima para as indústrias recicladoras. Segue os resíduos líquidos, e com menor expressão os resíduos gasosos, estes provenientes de caldeiras geradoras de vapor e produtos da combustão.

Quadro 1. Comparação das características de geração de resíduos sólidos, líquidos e gasosos das atividades de abate/processamento de carnes e de processamento de resíduos de origem animal e seu potencial de risco.

Resíduos	Indústrias de abate e processamento de carnes			Indústrias de processamento de resíduos sólidos de origem animal		
	Menor volume	Maior Volume	Potencial de Risco	Menor volume	Maior Volume	Potencial de Risco
Sólidos			Baixo			Baixo
Líquidos			Elevado			Elevado
Gasosos			Baixo			Elevado

Fonte: Resultados da Pesquisa

A diferença das indústrias de abate de animais e processamento de carnes é que os resíduos sólidos das indústrias produtoras farinha, óleo e sebo não representam grande problema, pois a totalidade dos materiais sólidos é aproveitada. Nessas indústrias prevalecem à geração de poluentes gasosos e efluentes líquidos, os quais exigem um tratamento apropriado.

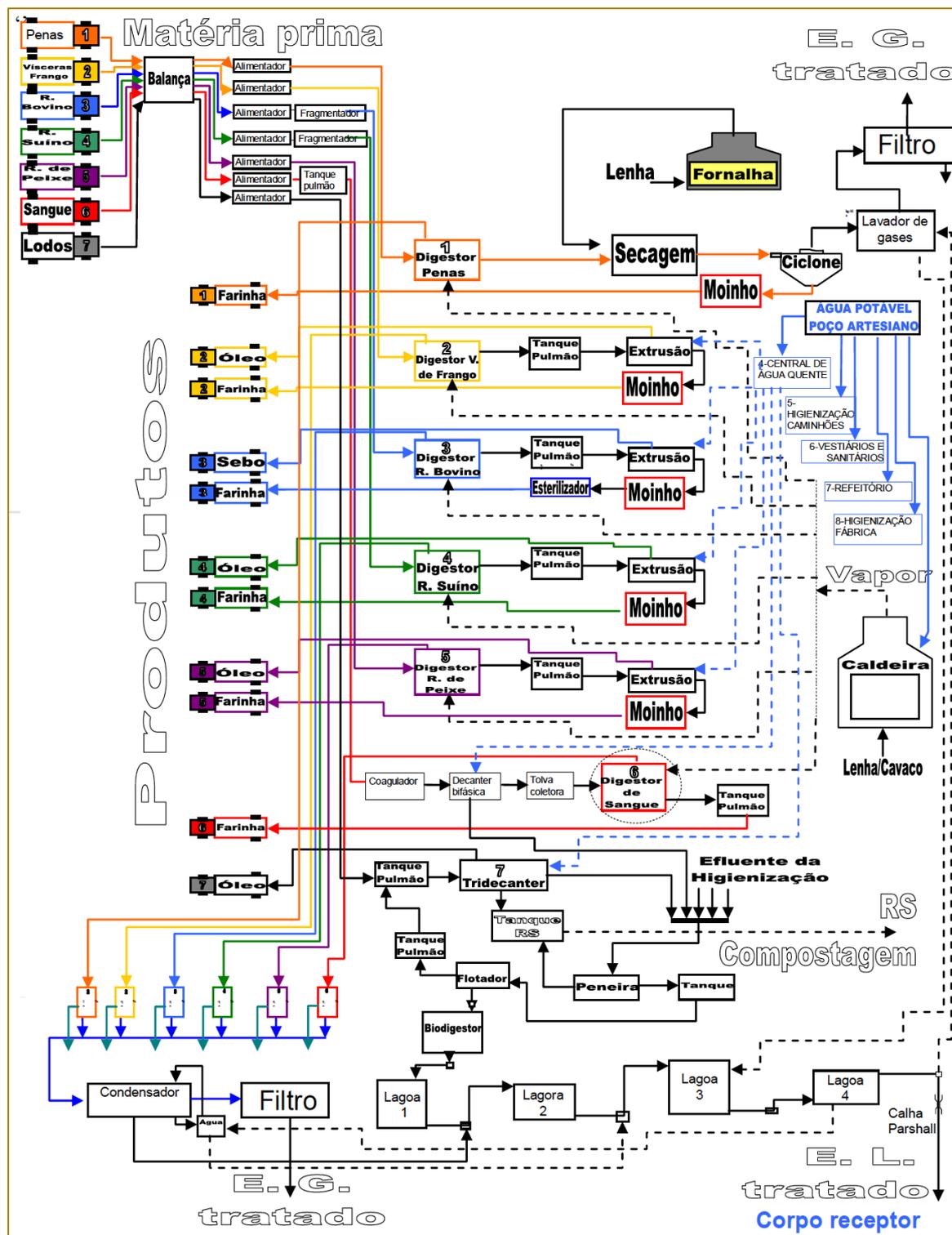
### 3.6 DESCRIÇÃO DOS PROCESSOS E DAS OPERAÇÕES INDUSTRIAIS

As etapas do processo de produção, os equipamentos, o detalhamento do fluxo dos materiais, as linhas de vapor, os pontos de alimentação de matérias primas, produtos auxiliares, pontos de geração de resíduos sólidos, líquidos e gasosos, bem como o detalhamento dos processos de coleta, transporte e tratamento dos resíduos (sólidos, líquidos e gasosos) são detalhados no fluxograma da Figura 6.

Nesse fluxograma pode-se observar que a matéria prima, composta de 7 itens, após os controles na recepção e balança, são alimentados em cada linha de processamento, nos quais são transformados em produtos de valor agregado na forma de óleos, sebo e farinha

As operações que compõem os processos ou linhas de produção contemplam: uma balança; sistemas para recepção das matérias primas; sistema para alimentação das matérias primas na linha de processamento; sistemas de fragmentação; transportadores de sólidos; transportadores de líquidos; transportadores de gases/vapores; digestores; secadores; ciclones; sistemas de extrusão para separação da farinha do óleo; moinhos; tanques pulmão; coaguladores; tridecanter; sistemas para embalagem de farinha; sistema para armazenamento de óleo; sistemas para armazenamento de sebo e sistemas de tratamento de resíduos sólidos, líquidos e gasosos.

Figura 6 - Detalhamento do processo de produção de farinhas, óleos e sebos de resíduos de origem animal



Fonte: Resultados da Pesquisa

### 3.7 ASPECTOS QUE INFLUENCIAM NA VIABILIDADE DE APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DE ORIGEM ANIMAL

Conforme esquema da Figura 7, a viabilidade de aproveitamento dos resíduos sólidos de

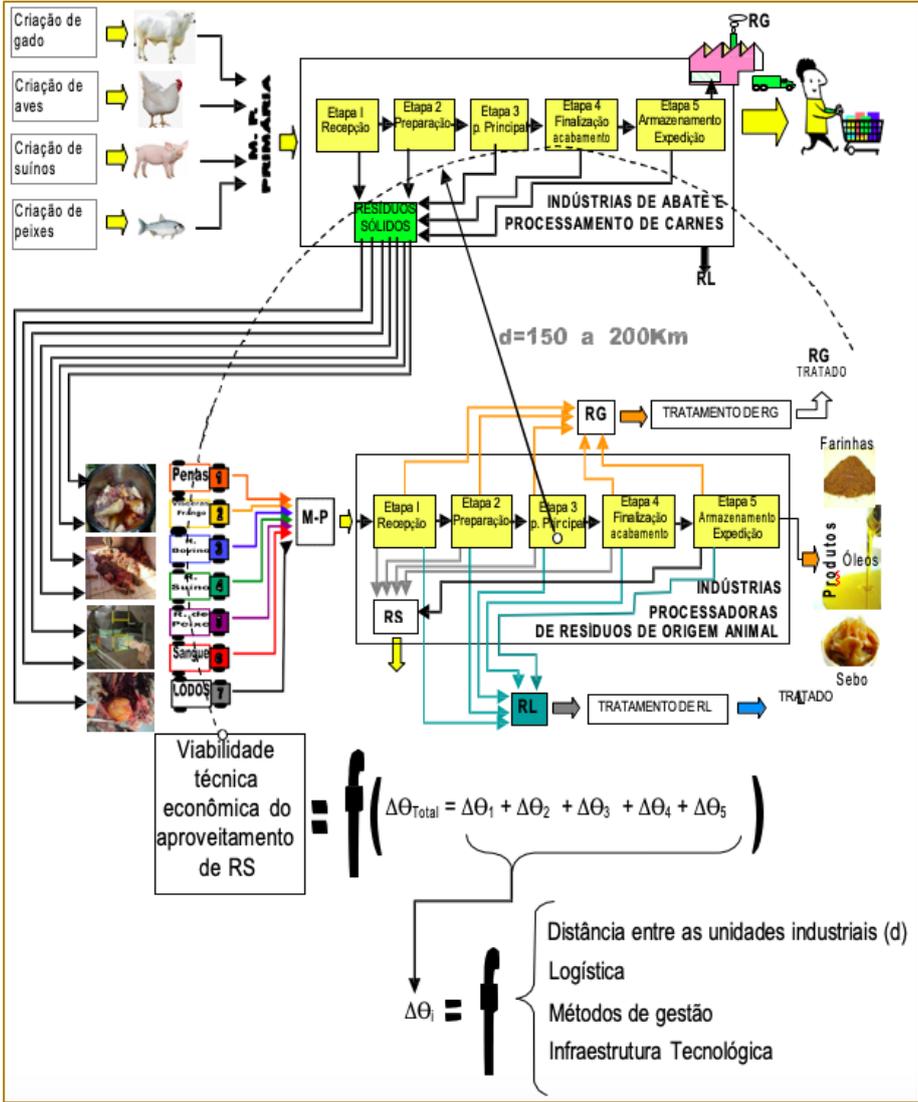
origem animal, a qualidade dos produtos de valor agregado (farinha, óleo, sebo) e a viabilidade econômica desse modelo de negócios, depende diretamente do tempo entre a coleta e o seu processamento. Esse

tempo é composto pelas seguintes contribuições: a) tempo de coleta dos resíduos nas etapas do abate e processamento de carnes ( $\Delta\theta_1$ ); b) o tempo do transporte entre a fonte geração dos subprodutos do abate/processamento de carnes e a unidade de processamento dos resíduos sólidos de origem animal ( $\Delta\theta_2$ ); c) o tempo de permanência, na etapa de recepção da unidade de processamento de resíduos sólidos de origem animal ( $\Delta\theta_3$ ); e d) o tempo de processamento dos resíduos na unidade de produção de farinha, óleo e sebo ( $\Delta\theta_4$ ).

Nesse tempo influenciam as distâncias entre as unidades industriais (d), a logística, os métodos de gestão e a infraestrutura

tecnológica disponível em cada uma das etapas do processo. Quanto maior o tempo, nas diversas fases, maior o risco de decomposição da matéria prima, o que inviabiliza o aproveitamento desses resíduos. Tempos maiores também significam custos maiores de produção, o qual é agravado pelo custo de transporte, devido ao elevado teor de água (55% a 60%) na matéria prima. Água de constituição que é eliminado no processo, em forma de vapor junto aos poluentes gasosos, e quando condensado se soma ao efluente líquido. No caso do estado do Paraná, este fato justificou a instalação de unidades num raio de 150 a 200 km.

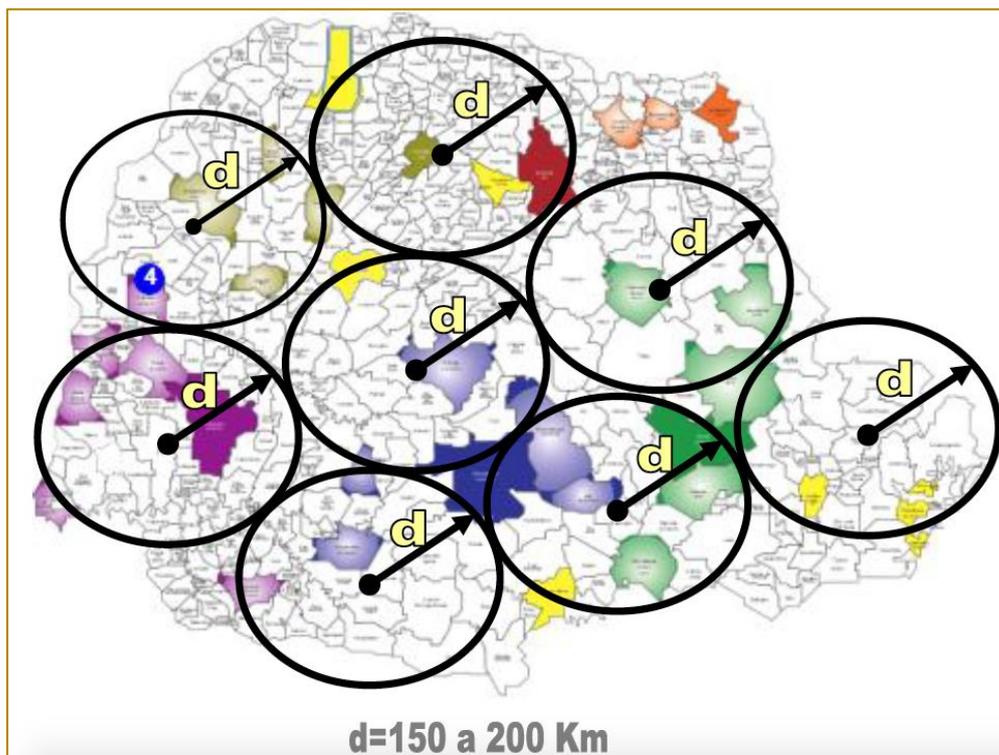
Figura 7 - Gargalos técnicos na cadeia de produção de farinha, óleos e sebo de resíduos sólidos de origem animal



Fonte: Resultados da Pesquisa

No mapa da Figura 8 se ilustra a distribuição geográfica ideal desse tipo de instalação industrial.

Figura 8 - Distribuição geográfica ideal das unidades de processamento de resíduos sólidos de origem animal



Fonte: Resultados da Pesquisa

### 3.8 DESAFIOS PARA OS DIVERSOS ATORES DO SISTEMA

Embora as implantações das indústrias processadoras de resíduos de origem animal representem uma solução à destinação e aproveitamento de resíduos das indústrias de abate e de processamento de carnes, elas tem apresentado uma série de limitações de ordem técnica, econômica, ambiental e jurídico legal.

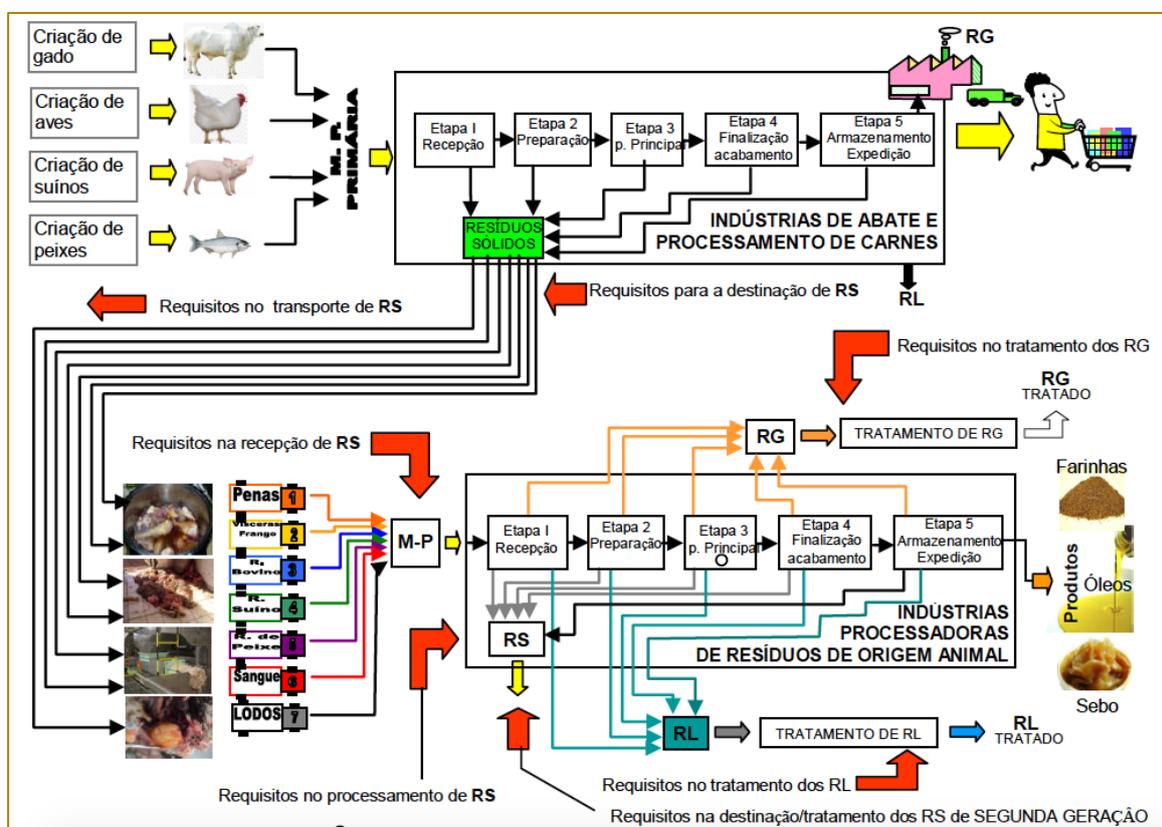
A pesquisa aponta desafios para os diversos atores, Assim: os produtores de carne devem otimizar seus processos afim de evitar o agravamento do problema de destinação das carcaças de animais mortos; as Indústrias processadoras de carne devem focar na otimização dos processos produtivos, para maximizar a eficiência e também para não comprometer a qualidade dos resíduos sólidos de origem animal; as indústrias Processadoras de Resíduos de Origem animal, além de otimizar o processo produtivo devem investir em pesquisas para o desenvolvimento de novas tecnologias ambientais. Todo esse sistema, depende

também da gestão pública com seus mecanismos de controle sanitário e ambiental, em sintonia com a viabilidade técnica e econômica das unidades industriais. Finalmente o desafio para os pesquisadores é a inserção dos problemas do setor produtivo nas atividades de pesquisa, desenvolvimento e inovação.

Conforme esquema da Figura 9, de modo geral, surgem alguns requisitos, assim: na destinação correta dos resíduos sólidos de origem animal; requisitos para garantir a qualidade da matéria prima no transporte; requisitos para a correta recepção dos materiais nas unidades de processamento de resíduos sólidos de origem animal; requisitos no sistema de produção de farinha, óleo e sebo; requisitos no sistema de tratamento de poluentes gasosos; e requisitos no sistema de tratamento de efluentes líquidos.

Esses requisitos devem servir de diretriz para a construção do manual de boas práticas das atividades de processamento de resíduos de origem animal.

Figura 9 - Estabelecimento de requisitos nas diversas etapas da cadeia produtiva da proteína animal e seus derivados para a construção do manual de boas práticas



Fonte: Resultados da Pesquisa

### 3.9 ESTRATÉGIA DA INOVAÇÃO NA ARE DE RECICLAGEM DE RESÍDUOS DE ORIGEM ANIMAL

No seu contexto epistemológico "inovação é o processo que faz o resultado novo da atividade intelectual, proveniente de qualquer área e nível de conhecimento, ganhar o mercado". A inovação requer de atividade intelectual; o resultado dessa atividade intelectual deve possuir novidade; e principalmente, este resultado, necessariamente, deve

ser incorporado no mercado, em benefício direto ou indireto da sociedade. A inovação não é restrita, ela abrange todas as áreas e níveis de conhecimento. A inovação é uma ferramenta que pode transformar o conhecimento em riqueza, os problemas em oportunidades e, de modo geral, a inovação contribui com a solução de problemas sociais, ambientais, tecnológicos e econômicos dos

setores produtivos, dos municípios, das regiões, dos estados ou dos países.

Conforme esquema da Figura 10, sete são os ingredientes necessários para a concretização da inovação, assim: 1) a existência de problemas que demandem de solução; 2) a disponibilidade de capital intelectual (cientistas/pesquisadores); 3) a existência de ativos tecnológicos (laboratórios e infraestrutura das universidades de centros de pesquisa); 4) a existência de ambientes propícios para a inovação (parques tecnológicos, incubadora de empresas, startups, aceleradoras, etc.); 5) a existência de empreendedores visionários; 6) recursos financeiros para suporte e fomento de projetos inovadores; e 7) os marcos regulatórios para dar amparo legal às atividades inovativas.

Figura 10 - Ingredientes para a concretização da Inovação



Fonte: Resultados da Pesquisa

De modo geral, nos locais que abrigam as indústrias de processamento de resíduos de sólidos de origem animal, os sete ingredientes da inovação também estão presentes, faltando apenas a sua ativação por meio do relacionamento Universidade-Empresa-Poder público-Sociedade. Como exemplo, na região Oeste do Estado do Paraná, a Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste), possui um desempenho diferenciado na área de inovação, pois ela concentra o maior capital intelectual da região Oeste e Sudoeste do Estado do Paraná, além do mais, a exemplo de outras universidades, a Unioeste concentra uma gigantesca infraestrutura laboratorial para o atendimento de demandas de extensão tecnológica inovadora. A partir desse cenário a Unioeste, por meio do Grupo de Pesquisa em Inovações Tecnológicas para o Desenvolvimento Territorial Sustentável (GPINOVA), com seus cases de inovação bem sucedidos, mostrou na prática o seu diferencial de atuação no ensino de qualidade, na pesquisa de ponta em diversas áreas e níveis de conhecimento, na extensão sem fronteiras e na inovação como instrumento de transformação dos problemas em oportunidades de geração de riqueza.

#### 4 CONCLUSÕES

Do ponto de vista sustentabilidade ambiental as atividades industriais de processamento de resíduos de origem animal desempenham um papel fundamental na sustentabilidade ambiental das indústrias de abate e processamento de carnes. Sem que isso represente um fator de custo ou sinônimo de problema. A crescente demanda de proteína animal requer da atuação simultânea das indústrias de abate/processamento de carnes e indústrias de processamento de resíduos de origem animal. Embora a atividade de processamento de resíduos de origem animal seja considerada como fundamental, ainda prevalecem alguns gargalos tecnológicos nas diversas etapas do processo produtivo. Os tempos na logística de coleta, transporte e processamento se constituem em fatores determinantes para a viabilização do aproveitamento dos resíduos de origem animal. Nesse novo cenário de competitividade, deve prevalecer a geração, disseminação e aplicação do conhecimento de baixa, média e alta complexidade, isto por meio da parceria Universidade-Empresa (nos moldes da Lei de Inovação brasileira), afim de viabilizar a transformação dos problemas em oportunidades de desenvolvimento territorial sustentável.

#### REFERÊNCIAS

- [1] ABPA (Associação Brasileira de proteína animal), Relatório Anual 2015. P. 104 a 111, dez. 2015
- [2] ARRUDA, M. N., 2010. Extração, caracterização e modificação química da queratina

extraída das penas de frango. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo, Faculdade de ciências farmacêuticas – Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Químico-Farmacêutica. São Paulo. Brasil

- [3] BARROS, F. D.; LICCA, E. A. A reciclagem de resíduos de origem animal: uma questão ambiental. *Revista Nacional da Carne*, São Paulo, v. 31, n. 365, p. 166-172, jul. 2007.
- [4] BELLAVER, C. BRUM, P.A.R.; LIMA, G.M.M.; BOFF, J; KERBER, J. Substituição Parcial do Farelo de Soja pela farinha de vísceras de aves em dietas balanceadas com base na proteína e em aminoácidos totais ou digestíveis para frango de corte. *Revista Brasileira de Ciência Avícola. Brazilian Journal of Poultry Science*, Campinas, v. 3, n. 3, p. 233-240, 2001.
- [5] FOGLIATTI, M. C. et al. Avaliação de impactos ambientais: aplicação aos sistemas de transporte. Rio de Janeiro: Interciência, 2004.
- [6] IBGE. Estatística da produção Pecuária – Junho de 2015. Rio de Janeiro, IBGE, 2015. IBGE. Estatística da produção Pecuária – Setembro de 2015. Rio de Janeiro, IBGE, 2015. IBGE. Estatística da produção Pecuária – Dezembro de 2015. Rio de Janeiro, IBGE, 2015. IBGE. Estatística da produção Pecuária – Março de 2016. Rio de Janeiro, IBGE, 2016. IBGE. Estatística da produção Pecuária – Junho de 2016. Rio de Janeiro, IBGE, 2016.
- [7] MANZINI, Ezio. Design para a inovação social e sustentabilidade: comunidades criativas, organizações colaborativas e novas redes projetuais. Rio de Janeiro: E- papers, 2008
- [8] PARDI, MC. et al. Ciência, higiene e tecnologia da carne. 1a ed. (1a reimpressão). Goiânia: Editora da UFG, v. 2, p.988-1106. 1996.
- [9] SINHORINI, M. R. Processo de produção de farinha de penas hidrolisadas: estudos de otimização do teor proteico e do valor de digestibilidade da proteína. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Programa de Pós Graduação em Tecnologia de Alimentos. Londrina-PR. Brasil. 2013.

*Autares*

**ALEXANDRE TADEU SIMON**

Possui graduação em Engenharia Mecânica pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (1975), mestrado em Engenharia Mecânica pela Universidade Estadual de Campinas (2001) e doutorado em Engenharia de Produção pela Universidade Metodista de Piracicaba (2005). Atualmente é professor do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Metodista de Piracicaba; é consultor de empresas com atuação em projetos de implantação de máquinas-ferramenta CNC e automação; desenvolve trabalhos de prospecção tecnológica na área de máquinas-ferramenta e automação. Atuou como gestor em empresas de manufatura de grande porte nos setores de produção, engenharia industrial e implantação de novas tecnologias. Gerenciou diversos projetos de implantação de máquinas-ferramenta CNC, células de manufatura e sistemas da qualidade. Trabalhou como editor técnico por mais de 30 anos em revistas especializadas de grande penetração nas indústrias. Possui experiência na área de Engenharia de Produção com ênfase em Logística e Gestão da Cadeia de Suprimentos (logística sustentável, sistemas físico-cibernéticos aplicados à logística na indústria 4.0, supply chain 4.0, logística 4.0, diagnóstico da gestão da cadeia de suprimentos).

**ALICE NASCIMENTO TEIXEIRA ROCHA**

Técnica em Administração de Empresas pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas (IFAM). Graduanda em Engenharia de Produção pelo Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia da Universidade Federal do Amazonas (ICET/UFAM)

**AMANDA QUEIROZ DE MORAIS**

Graduanda em Engenharia de Produção pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA

Pós Graduanda em MBA em Gestão de Energia, Petróleo e Gás pela Faculdades Metropolitanas Unidas – FMU. Membro da Ação de Extensão "Mapeamento da inovação de cadeias produtiva da região de Mossoró" pelo Núcleo de Inovação Tecnológica – UFERSA. Aprendiz Administrativo na Halliburton Produtos Ltda. Bacharela em Ciência e Tecnologia pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido -UFERSA e Yellow Belt em Lean Six Sigma pela Voitto.

**ANA CAROLINE CARDOSO CALDEIRA**

Graduanda de Engenharia de Produção na Universidade do Estado do Pará (UEPA).

**ANA REGINA DE AGUIAR DUTRA**

Possui graduação em Matemática, mestrado e doutorado em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina. Doutorado na área de concentração em "Ergonomia". Atualmente é professor titular da Universidade do Sul de Santa Catarina. Tem experiência na área de Engenharia de Produção, com ênfase em Ergonomia, atuando principalmente nos seguintes temas: ergonomia, produtos e processos produtivos sustentáveis e saudáveis e educação. Faz parte dos quadros docentes dos Cursos de Graduação: Engenharia de Produção, Bacharelado em Matemática, Tecnólogo em Gestão da Produção Industrial, Tecnólogo em Gestão de Recursos Humanos, da Pós-graduação lato sensu em Engenharia de Segurança do Trabalho e do Mestrado em Ciências Ambientais (PPGCA/UNISUL).

**ANDRÉ CLEMENTINO DE OLIVEIRA SANTOS**

Possui Graduação de Tecnologia em Processamento de Dados pelo Centro de Ensino Superior do Pará (1993), Graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Pará (1995), Mestrado em Engenharia de Produção pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de

Janeiro (1998). É Professor Assistente IV da Universidade do Estado do Pará atuando na área de Gestão da Produção com ênfase em Engenharia de Métodos, Planejamento, Projeto e Controle de Sistemas de Produção.

#### **ANTONIO LUIS ARAUJO SILVA**

Formação Master MIDI pela ENSGSI, universidade francesa, através do projeto de intercâmbio CAPES-BRAFITEC (2016-2017). Atualmente graduando em Engenharia de Produção Mecânica pela Universidade Regional do Cariri. Bolsista de iniciação científica do projeto intitulado “Aprendizagem baseada em problemas como estratégia pedagógica para o ensino em cursos de Engenharia de Produção” (2018).

#### **BERNARDO GARCIA NUNES ROSA**

Discente do 6º semestre do curso de Engenharia de Produção -UEPA, com prática em pesquisas e estudos baseados Planejamento e Controle da Produção; Estudo de Tempos e Movimentos e Otimização de Sistemas Simplex. Possui os artigos nacionais e internacionais publicados.

#### **BRUNNA MICHAELLA QUEIROZ GÓIS**

Graduanda em Engenharia de Produção pelo Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia da Universidade Federal do Amazonas (ICET/UFAM)

#### **CAMILO FREDDY MENDOZA MOREJON**

Engenheiro químico com doutorado obtido na COPPE/UFRJ. Coordenador do GPINOVA da Unioeste. Membro do Sistema Paranaense de Parques Tecnológicos. Docente da Graduação, Mestrado e Doutorado em Eng. Química PEQ-Unioeste, do Mestrado em Ciências Ambientais -Unioeste e do Mestrado em Rede Nacional em Inovação, Transferência de Tecnologia para a Inovação – PROFNIT. Pesquisador produtividade CNPq-DT e Membro dos Mentores Inovadores do Brasil.

#### **DALESSANDRO SOARES VIANNA**

Possui graduação em Ciência da Computação pela Universidade Federal Fluminense (1996), mestrado em Ciência da Computação pela Universidade Federal Fluminense (1999) e doutorado em Informática pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (2004). Atualmente atua como: vice-diretor do Instituto de Ciência e Tecnologia (ICT/UFF); vice-coordenador do Programa de Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas Computacionais; professor adjunto da Universidade Federal Fluminense (ICT/UFF); professor colaborador da Universidade Candido Mendes - UCAM-Campos. Tem experiência nas áreas de Ciência da Computação e Engenharia de Produção, tendo como principais temas de pesquisa: programação metaheurística; inteligência computacional; programação paralela; programação matemática; otimização combinatória multiobjetivo; e pesquisa operacional.

#### **DIEGO CESAR CAVALCANTI DE ANDRADE**

Professor da Faculdade Miguel Ângelo da Silva Santos e Pesquisador da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. É graduado em Engenharia de Produção pela Universidade Federal Fluminense e mestre em Engenharia Civil pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Tem como principais linhas de pesquisa Simulação, Jogos de Empresa e Design Thinking,

**DIOGO GOMES DE ALMEIDA DA SILVA**

Bacharel em Engenharia de Produção pelo Centro Universitário UNITPAC.

**EDGAR MANUEL CARREÑO FRANCO**

Possui graduação em Ingeniería Eléctrica da Universidad Nacional de Colombia (1999), Mestrado em Ingeniería Eléctrica da Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia (2003) e Doutorado em Engenharia Elétrica na UNESP-FEIS, Brasil (2008). Atualmente é Docente em Engenharia Elétrica do CECE- UNIOESTE na cidade de Foz de Iguaçu-PR e Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e Computação - PGEEC. Tem experiência na área de Engenharia Elétrica, com ênfase em planejamento de sistemas de Transmissão e Distribuição da Energia Elétrica, atuando principalmente nos seguintes temas: Previsão demanda, Planejamento de sistemas de transmissão e distribuição, Otimização matemática.

**EDWIN BENITO MITACC MEZA**

Possui graduação em Engenharia Industrial pela Universidad de Lima, ULIMA (1997), mestrado em Engenharia de Produção pela Universidade Federal Fluminense, UFF (2000), mestrado em Computação Aplicada e Automação pela Universidade Federal Fluminense, UFF (2001) e doutorado em Ciências da Computação pela Universidade Federal Fluminense, UFF (2006). Atualmente é professor Associado I da Universidade Federal Fluminense no Instituto de Ciência e Tecnologia em Rio das Ostras (UFF/RIC). Tem experiência na área de Engenharia Elétrica, com ênfase em redes neurais artificiais, sistemas de inferência nebulosa e otimização. Também tem experiência na área de Engenharia de Produção, com ênfase em Pesquisa Operacional, atuando em: Gestão da Produção, Otimização Combinatória e Inteligência Computacional.

**ELYROUSE CAVALCANTE DE OLIVEIRA BELLINI**

Doutoranda em Ciências Contábeis-UFPE. Mestra em Ciências Contábeis pela UNB, Especialização em Auditoria e Controladoria pela UNIFOA/RJ e em Economia pela FAR/ES. Graduada em Ciências Contábeis pela UFAL/AL. Experiência profissional adquirida em contabilidade atuando como profissional autônoma de escritório individual; Experiência em Consultoria Contábil atuando dois anos no Núcleo de Orientação Empresarial do SEBRAE/AL e no FÁCIL/AL; Experiência como Instrutora dos cursos de Contabilidade Geral e Análise de Balanço, Departamento de Pessoal e Novas Técnicas de Administração Financeira e Contábil do Curso Advance - Assessoria em Recursos Humanos Ltda.

**FELIPE TAKESHI ISHIZU**

Graduado em Gestão da Tecnologia da Informação pela FATEC , Bragança Paulista - SP, Brasil. Pós Graduação em Gestão Estratégica de Tecnologia da Informação - GETI pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo - IFSP . Atualmente, atua como Desenvolvedor de Sistemas em uma empresa de tecnologia. Interessa-se por assuntos relacionados a Gestão e Internet das Coisas.

**FERNANDO JOSÉ GÓMEZ PAREDES**

Possui graduação em Ingeniería Industrial pela Universidad Centroamericana "José Simeón Cañas"(2009) e mestrado em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de São Carlos(2016). Atualmente é Professor universitário da Universidad Centroamericana "José Simeón Cañas". Atuando principalmente nos seguintes temas:Lean Manufacturing, Quick Response Manufacturing, lead time.

**FERNANDO MERCURI NICOLA**

Graduanda em Engenharia de Produção pelas Faculdades Integradas Einstein de Limeira

**FLÁVIO MENDONÇA BEZERRA**

Possui graduação em Administração - INSTITUTOS PARAIBANOS DE EDUCAÇÃO (1981) e mestrado em Engenharia de Produção pela Universidade Federal da Paraíba (1999). Atualmente Doutorando na área de Gestão e otimização do Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica da UNESP - Guaratinguetá, Professor Adjunto da Universidade Regional do Cariri no Curso de Engenharia de Produção. Tem experiência na área de Engenharia de Produção e Administração, com ênfase na área de Gestão Financeira.

**FRANCISCA JEANNE SIDRIM DE FIGUEIREDO**

Possui graduação em Desenho Industrial (UFCG - 1990), mestrado em Engenharia de Produção (UFPB -1998) e doutorado em CIÊNCIAS (UNESP - 2017). Atualmente é avaliadora voluntária da AEDB, Editora Abril e Associação Brasileira de Engenharia de Produção, professora Adjunta da Universidade Regional do Cariri, Coordenadora de desenvolvimento Territorial Sustentável do Geopark Araripe. Tem experiência na área de Administração, com ênfase em Gestão da Qualidade, atuando principalmente nos seguintes temas: processo, qualidade, métodos, seis sigma, desenvolvimento sustentável e produção segura.

**FREDERICO ROMEL MAIA TAVARES**

Engenheiro Mecânico pela Universidade de Fortaleza (UNIFOR) (1993), Especialista em Administração de Empresas e Gerência de Marketing pela Universidade Estadual do Ceará (UECE) (1998), Mestrado em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB) (2005) e Doutorado em Engenharia Mecânica, área de Gestão e Otimização, pela Universidade Estadual Paulista (UNESP) (2017). Professor Associado N, da Universidade Regional do Cariri (URCA).

**GABRIEL CARGNIN STIELER**

Acadêmico do Curso de Engenharia de Produção da UFSM.

**GABRIEL DE MOURA REIS**

Técnico em Administração de Empresas pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas (IFAM). Graduando em Engenharia de Produção pelo Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia da Universidade Federal do Amazonas (ICET/UFAM)

**GUILHERME CALDERUCIO DUQUE ESTRADA**

Mestrando em Administração de Empresas pela Coppead/UFRJ e graduado em Engenharia de Produção pela UERJ. Pesquisa sobre Design Thinking, Lean Startup e o uso de blockchain para aumento de transparência de cadeias de suprimentos.

**HAROLDO MACEDO FONTOURA**

Haroldo Macedo Fontoura graduado em Engenharia Eletrotécnica e Administração de Empresas, pós-graduação em Gestão de Negócios, Marketing, Gestão da Educação e Engenharia da Produção, Mestre em Gestão de Empresas pelo Instituto Politécnico do Porto (IPP) revalidado pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) Doutorando em Engenharia da Produção e Sistemas pela Universidade Rio dos Sinos (Unisinos). Professor Universitário dos cursos de graduação e pós-graduação de Engenharia da Produção, Engenharia Civil, Administração, Contabilidade e Sistema de Informação. Consultor

responsável pela FONCET e QSAÚDE, com trabalhos de certificação em Sistemas da Qualidade, Acreditação hospitalar e PBQPH (Programa brasileiro de qualidade e produtividade na habitação). Consultor associado a IBCO (Instituto Brasileiro de Consultores), consultor da FNQ (Fundação Nacional da Qualidade), Auditor internacional da ISO pela Stat Matrix (USA), Palestrante em congressos e Pesquisador do CNPq.

### **HENRIQUE JUN MURAMATSU SEGUCHI**

Graduado em Engenharia de Produção na Universidade Anhembi Morumbi e pós-graduado (especialização) em produtividade e qualidade pela Fundação Vanzolini. Pesquisador no Núcleo de Atendimento Tecnológico à Micro e Pequena Empresa (NT-MPE) do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT). Tem experiência na área de Engenharia de Produção, com ênfase em energia, capim elefante e atua na execução de programa, no apoio tecnológico às micro, pequenas e médias empresas referente a gestão de produção.

### **IAGO BEZERRA**

Formando em Engenharia de Produção pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA). Bacharel em Ciência e Tecnologia pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA). CEO Fundador do Empório da Esfiha

### **IVAN CORRER**

Graduanda em Engenharia de Produção pelas Faculdades Integradas Einstein de Limeira

### **JAIRO MARLON CORREA**

Jairo Marlon Corrêa Possui graduação em Licenciatura Em Matemática pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná (2004), Mestrado (2007) e Doutorado (2015) em Métodos Numéricos em Engenharia pela Universidade Federal do Paraná, Pós-Doutoramento em Engenharia Elétrica e Computação pela UNIOESTE (2017). Atualmente é docente do Magistério Superior na UTFPR (Medianeira-Pr). Tem experiência na área de Previsões de Séries Temporais (Redes Neurais Artificiais, Modelos SARIMAX, Modelos GARCH, incluindo Decomposição Wavelet)

### **JEFERSON TADEU DE LIMA**

Graduado em Gestão da Tecnologia da Informação pela FATEC , Bragança Paulista - SP, Brasil. Pós Graduação em Gestão Estratégica de Tecnologia da Informação - GETI pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo - IFSP . Atualmente, atua como Gerente de Projetos em uma empresa de tecnologia. Interessa-se por assuntos relacionados a Gestão de Projetos e Internet das Coisas.

### **JEFFERSON DE SOUZA PINTO**

Pós-doutor em Engenharia Mecânica pela Universidade Estadual de Campinas (2014, 2016 e 2018). Doutor (2012) com pesquisa na área de Gestão de Projetos e Mestre (2004) em Engenharia Mecânica pela Universidade Estadual de Campinas. Especialista em Gestão de Processos Industriais pela Universidade Estadual de Campinas (2002). Administrador de Empresas com habilitação em Comércio Exterior pela Universidade São Francisco (1999). Pesquisador colaborador e professor colaborador da Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade Estadual de Campinas. Atualmente é professor concursado do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP), Campus Bragança Paulista. Possui experiência e pesquisas nas áreas de Empreendedorismo, Gestão da Produção e Operações, Gestão da Qualidade, Gestão da Cadeia de Suprimentos e Gestão de Projetos. Detém mais

27 artigos científicos publicados em periódicos nacionais e internacionais correlacionados nas áreas mencionadas.

### **JESSICA CHAVES DOMINGUES**

Graduada em Engenharia de Produção pela UNISUL.

### **JOÃO ANTONIO APARECIDO CARDOSO**

Bacharel em Ciências Contábeis pela Universidade São Francisco - USF, Bragança Paulista - SP, Brasil. Pós Graduação em Gestão Estratégica de Tecnologia da Informação - GETI pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo - IFSP, Bragança Paulista - SP, Brasil. Atualmente, atua como Avaliador de Mecanismos de Busca e Tradutor/Editor Independente, prestando serviços para empresas de tecnologia. Interessa-se por assuntos relacionados a Blockchain, Gestão, Contabilidade, Línguas, Segurança da Informação, Inovação, Internet das Coisas IoT, entre outros.

### **JOÃO BATISTA MENDES BARBOSA**

Graduado em Licenciatura Plena em Matemática pelo Centro de Ensino Superior do Vale do São Francisco- CESVASF. Atualmente, graduando no curso Engenharia de Produção Mecânica pela Universidade Regional do Cariri. Bolsista de iniciação científica do projeto intitulado "Análise das reprovações em grande escala nas disciplinas de Cálculo I nos cursos de Engenharia." (2018).

### **JOÃO CARLOS MARTINS COELHO**

Graduado em Engenharia Mecânica pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica (1974) e mestre em Engenharia de Processos Químicos e Bioquímicos pelo Instituto Mauá de Tecnologia (2006). Atualmente é professor associado da Escola de Engenharia Mauá e Coordenador Operacional do Progex - Programa de apoio à Exportação conduzido no Estado de S. Paulo pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A. Tem experiência na área de Energia e Fluidos e na área de Adequação de Produtos para Exportação englobando aposição de Marca CE a produtos diversos, elaboração de dossiês técnicos, de análise de riscos e outras ações associadas a quesitos tecnológicos para exportação. Paralelamente, tem trabalhado em Comissões de Estudo da ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas contribuindo para a elaboração de normas técnicas diversas.

### **JOÃO PAULO ROCHA**

Formando em Engenharia de Produção pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Bacharel em Ciência e Tecnologia mesma mesma universidade. Consultor técnico na Ávila Consultoria.

### **JOSÉ CLÁUDIO TRINDADE SIMÕES**

Graduando em Engenharia de Produção pelo Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia da Universidade Federal do Amazonas (ICET/UFAM)

### **JOSE ROBERTO DE BARROS FILHO**

Possui graduação em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal de Santa Catarina (1993), mestrado em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina (1999) e doutorado em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina (2008). Atualmente é diretor - Experientia Desenvolvimento Humano, professor 3o grau da Universidade do Sul de Santa Catarina e coordenador curso de engenharia de produção da

Universidade do Sul de Santa Catarina. Tem experiência na área de Engenharia de Produção, com ênfase em Planejamento, Projeto e Controle de Sistemas de Produção, atuando principalmente nos seguintes temas: controle da produção, pcp, gerenciamento de processos, planejamento e controle da produção e implementação de sistemas chão de fábrica.

#### **LEVI LOPES TEIXEIRA**

Licenciado em Matemática, com Mestrado e Doutorado em Métodos Numéricos para a Engenharia. Professor Adjunto no Departamento de Produção e Administração da Universidade Tecnológica Federal do Paraná- Medianeira. Atuando nas Disciplinas de Pesquisa Operacional I e II, com Projetos de Pesquisa em Séries Temporais.

#### **LUCAS MORAES PAMPLONA MARTINS**

Aluno de Engenharia de Produção na Universidade do Estado do Pará (UEPA) e Consultor de Projetos. na empresa Jr. Holística.

#### **LUCAS OZONIO MOREIRA DE ATAIDE**

Acadêmico do Curso de Engenharia de Produção da UFSM.

#### **LUIZA ANTONIA CUNHA**

Bacharel em Engenharia de Produção pela ULBRA (2016), Pós Graduanda em Engenharia de Segurança do Trabalho pela Imed. Possui experiência na área de Controladoria- Custos e Prancing.

#### **LYLLYAN APPOLLYANA NERCILIA MARTINS**

Bacharel em enfermagem (centro universitário presidente Antônio Carlos) Pós graduada em enfermagem do trabalho ( faculdade de ciências do Tocantins) Bacharel em engenharia de produção ( centro universitário presidente Antônio Carlos) Pós graduanda em MBA em gestão de engenharia de produção e operações logísticas)

#### **MÁRCIO NUNES DA SILVA**

Doutorando em Ciências Contábeis pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Mestre e Bacharel em Ciências Contábeis pela mesma instituição.Foi bolsista de Iniciação Científica do CNPq e do Programa de Educação Tutorial (PET Conexões de Saberes). Atualmente, é Coordenador e professor do curso de Ciências Contábeis da Faculdade de Recife/Universidade Brasil. Além disso, é tutor virtual do curso Administração Pública da Universidade Rural de Pernambuco (UFRPE)

#### **MARI TOMITA KATAYAMA**

Possui graduação em Ciências da Computação pela Universidade de São Paulo (1974). Atualmente é consultora ad hoc - Financiadora de Estudos e Projetos e Diretora do Núcleo de Atendimento Tecnológico à Micro e Pequena Empresa- NT-MPE do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT. Tem experiência na coordenação e execução de projetos de âmbito nacional, no apoio tecnológico às micro, pequenas e médias empresas, na coordenação de trabalhos de adequação/desenvolvimento de produtos de diversos setores, em especial equipamentos médico-hospitalares, atendendo às exigências técnicas do mercado internacional, nos aspectos de segurança, saúde, design e meio ambiente, e no apoio tecnológico às empresas de arranjos produtivos locais.

**MARIA EMILIA DE LIMA TOSTES**

Possui graduação em Curso de Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Pará (1987), mestrado em Engenharia Elétrica pela UFPA (1992) e doutorado em Curso de Pós Graduação em Engenharia Elétrica pela UFPA (2003). Foi diretora do Instituto de Tecnologia - ITEC/UFPA, no interstício de março de 2010 a março de 2014. É Coordenadora do PPGEE - Programa de pós graduação em engenharia elétrica da UFPA, no período de janeiro de 2018 a dezembro de 2019. Atualmente é professor associado IV da UFPA. Tem experiência na área de Engenharia Elétrica, com ênfase em Qualidade da Energia, atuando principalmente nos seguintes temas: sistemas de distribuição de energia, eficiência energética e qualidade da energia elétrica.

**MARIA RITA PONTES ASSUMPÇÃO**

Doutora em Engenharia (Engenharia de Produção) pela Universidade de São Paulo (2001). Mestre em Engenharia de Sistemas e Computação pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (1979). Bacharel em Matemática pela Universidade de São Paulo (1974). Atua, desde 2011, como professora na Graduação e na Pós Graduação em Engenharia de Produção na UNIMEP/SP, orientando nos temas: gestão de serviços, gestão de operações, gestão estratégica, gestão da inovação, coordenação da cadeia de suprimentos.

**MARIANA STEFANELLI PETTAN**

Graduação em Tecnologia em Biocombustíveis pela Faculdade de Tecnologia do Estado de São Paulo em 2011. Graduação em Engenharia de Produção pela Universidade Metodista de Piracicaba - UNIMEP. Atuação na indústria automotiva nas áreas de engenharia logística, R&D e manufatura enxuta. Pesquisa de iniciação científica com foco em modularização de produtos na indústria.

**MARIO FERNANDO MELLO**

Professor Universitário na Universidade Federal de Santa Maria, na Universidade Luterana do Brasil e Antonio Meneghetti Faculdade. Professor de Pós-Graduação na Fundação Getúlio Vargas, na UNIFRA e na URI. Professor nos cursos de Engenharia de Produção, Engenharia Química, Engenharia Civil, Engenharia Mecânica, Administração e Arquitetura. Graduado em Engenharia Op. Mecânica e Ciências Contábeis é Especialista em Gestão Financeira, Mestre em Engenharia de Produção e Doutorando em Engenharia Agrícola. É também consultor associado da Madre Consultoria.

**MILLAYNE NOGUEIRA MEDEIROS**

Bacharela em Ciência e Tecnologia pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), cursando Engenharia de Produção também na UFERSA e participante do projeto de extensão com foco em Inovação nas empresas do Rio Grande do Norte.

**MILTON VIEIRA JUNIOR**

Bolsista DT-II do CNPQ desde Março de 2016. Possui Graduação em Engenharia de Produção Mecânica pela Escola de Engenharia de São Carlos USP (1987), Mestrado (1992) e Doutorado em Engenharia Mecânica pela Escola de Engenharia de São Carlos USP (1996). Consultor da Geotecno Soluções em Automação desde 2007. Foi professor titular da Universidade Metodista de Piracicaba (entre março de 1990 e março de 2008), onde atuou na graduação e na pós-graduação orientando mestrado e doutorado. Foi professor e pesquisador do Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Nove de Julho (UNINOVE) entre 2008 e 2018. Presidente da Associação Brasileira de Engenharia de Produção - ABEPRO nas gestões 2014/2015 e 2016/2017. Atua nos seguintes temas: otimização de processos, sistemas de manufatura, automação da manufatura,

competitividade e produtividade e ensino de engenharia. Foi membro do Comitê Assessor do INEP para o ENADE das Engenharias - Grupo VI (Engenharia de Produção) nos anos de 2005, 2008 e 2011. É também avaliador de cursos de Engenharia de Produção. Conselheiro do CREA-SP entre 2003 e 2008 e entre 2012 e 2017, sendo eleito Coordenador da Câmara Especializada em Engenharia Mecânica e Metalúrgica nos anos de 2013 e 2014. Fez parte da Comissão de Especialistas da Área Industrial do CONFEA para a elaboração da Matriz do Conhecimento da Resolução 1010/05 para a Engenharia de Produção.

### **MOACIR GODINHO-FILHO**

Possui graduação em Engenharia de Produção - Materiais pela Universidade Federal de São Carlos (1998), MBA na Fundação Getúlio Vargas - FGV (2000), mestrado em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de São Carlos (2001), doutorado em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de São Carlos (2004), pós-doutorado em Quick Response Manufacturing - QRM (Manufatura Responsiva) na Universidade de Wisconsin at Madison - USA (2007), pós-doutorado em aplicação de System Dynamics e Factory Physics à gestão de sistemas de produção na North Carolina State University - USA (2008) e pós-doutorado em Supply Chain Management na Northwestern University (2017). Atualmente é professor associado 2 da Universidade Federal de São Carlos, pesquisador nível 1C do CNPQ e editor adjunto do periódico Gestão & Produção.

### **NATANAEL FERNANDES MACÊDO JUNIOR**

Engenheiro de Produção graduado pela Universidade Regional do Cariri (2018) e Técnico em Eletrotécnica com diploma proferido pelo Instituto Centro de Ensino Tecnológico – CENTEC (2015). Possui grande afeição pelos temas Gestão Eficiente da Produção e Energias Renováveis.

### **NATHALIA VITORIA MOREJON**

Acadêmica de Engenharia de Produção - PUCPR; Membro do CAEPRO, Centro Acadêmico de Engenharia de Produção PUCPR; Vice-Coordenadora de Marketing - NUPREEP, Núcleo Paranaense de Estudantes de Engenharia de Produção e Representante junto ao CREA-Jr do Paraná.

### **NILSON JOSIMAR DA SILVA**

Bacharel em Engenharia de Produção pela ULBRA (2017), Pós Graduando em Lean Manufacturing pela ULBRA. Possui experiência na área de Logística e Lean Seis Sigma.

### **OLÍVIO NOVASKI**

Engenheiro mecânico, com Mestrado (1983) e Doutorado pela Universidade Estadual de Campinas. (1989). Na Alemanha, como bolsista do DAAD, foi pesquisador da Universidade de Bremen, no Instituto de Engenharia de Produção. Posteriormente, teve passagens por indústrias daquele país. Desenvolveu seu Pós-doutoramento no Institut fuer Werkzeugmaschinen, na Universidade de Stuttgart, também na Alemanha, por 12 meses. Possui mais de uma centena de artigos publicados, três livros, e, é Professor Associado Concursado da Faculdade de Engenharia Mecânica da Unicamp. Suas orientações, de alunos de Mestrado e Doutorado, se pautam pelo tema Gestão de Projetos.

### **PAULO ROBERTO MAY**

Prof. Paulo Roberto May ( <http://lattes.cnpq.br/3582148603772662>) Engenheiro Eletricista UFSM/82; Mestre em Engenharia de Produção na UFSC/99; Curso de Productivity Management no Japan Productivity Center for Socio-Economic Development, pela JICA no Japão. Professor na UNISUL (2000) cursos de Engenharia Elétrica, Eng. de Produção, Eng.

Civil, e Administração Pública, e no SENAI (2002) cursos de Tecnólogo e de Pós-graduação – presencial e a distância. Ministra disciplinas de Gestão Empresarial (Liderança, Estratégias de Gestão, Mudança Organizacional, Gestão da Qualidade, Gestão de Stakeholders, Administração Pública, Gestão de Projetos e outras) e disciplinas técnicas (Distribuição e Mercado de Energia).

### **PEDRO CUNHA BASTOS MATHIAS**

Discente do 6º semestre do curso de Engenharia de Produção da Universidade do Estado do Pará (UEPA), com histórico profissional apresentando um estágio na área administrativa da instituição. Possui artigos publicados nacionais e internacionais.

### **RICARDO MIYASHITA**

Professor Associado da Faculdade de Engenharia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. É graduado em Engenharia de Produção pela Escola Politécnica da USP, mestre em Administração de Empresas pelo Coppead/UFRJ e doutor em Engenharia de Produção pela Coppe/UFRJ. Tem como principais linhas de pesquisa Design Thinking, Gestão da Inovação, Projeto de Produtos e Serviços, Simulação, Gestão da Saúde e Jogos de Empresa.

### **ROBERTO MARTINS**

Técnico em Mecânica com grande experiência na indústria de implementos agrícolas.

### **ROGÉRIO CAMARGO BENEZ**

Doutorando em Engenharia de Produção pela Universidade Metodista de Piracicaba - UNIMEP, com pesquisa direcionada para a modularização de produtos e os impactos de sua adoção no ambiente industrial. Mestre em Agronomia pela Universidade Estadual Paulista - UNESP (2012), atuando na área de energias renováveis. Pós-Graduação em Administração pela Fundação Eurípedes S. da Rocha - UNIVEM. Graduação em Engenharia Mecânica pela Escola de Engenharia de Piracicaba - EEP (1993). Experiência profissional atuando como gerente industrial, gestor de projetos industriais e de produtos, engenheiro de processos.

### **RUTE HOLANDA LOPES ALVES**

Doutora em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade da Amazônia pela UFAM (2015). Mestra em Desenvolvimento Regional pela UFAM (2008). MBA em Empresas e Negócios pelo CIESA (2003). Bacharel em Ciências Econômicas pelo CIESA (2001). Pesquisas na área de: Sustentabilidade, Economia Regional, Engenharia de Produção, Produção Agrícola, Cadeias Produtivas Locais e Agricultura Familiar. Atualmente é professora adjunto da Universidade Federal do Amazonas - UFAM/ ICET, coordenadora do Curso de Engenharia de Produção e Vice coordenadora do COMEXI - Comitê de Extensão do ICET e Tecnologia, Gestão e Inovação, além de Coordenadora Administrativa da Incubadora do ICET - ICETech.

### **SAMUEL BELLIDO RODRIGUES**

Possui graduação em Licenciatura Matemática pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná (2004), mestrado em Métodos Numéricos em Engenharia pela Universidade Federal do Paraná (2007), doutorado em Métodos Numéricos em Engenharia pela Universidade Federal do Paraná (2015); e pós-doutoramento em Métodos Numéricos Híbridos de Previsão. Atualmente é professor adjunto da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Tem experiência na área de Previsões de Séries Temporais (Support Vector Regression, Redes Neurais, Modelos SARIMA, Modelos GARCH, incluindo Decomposição Wavelet).

**SCARLET HARTMANN DA SILVEIRA**

Graduada em Engenharia de Produção, tem grande experiência em empresas do setor metal mecânico.

**TALITA MICAELA RODRIGUES MORAES**

Graduanda em Engenharia de Produção pelo Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia da Universidade Federal do Amazonas (ICET/UFAM)

**TASIA HICKMANN**

Possui graduação em Tecnologia em Manutenção Eletromecânica pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), graduação em Licenciatura em Matemática pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), mestrado em Matemática (Área de concentração: Álgebra) pela Universidade Estadual de Maringá (UEM), doutorado em Métodos Numéricos em Engenharia (Área de concentração: Programação Matemática) pela Universidade Federal do Paraná (UFPR) e Pós-Doutorado em Engenharia Elétrica e Computação (UNIOESTE). Atualmente é docente do Magistério Superior na UTFPR - Câmpus Medianeira. Áreas de interesse: Análise Numérica; Modelagem Computacional; Cálculo Fracionário; Modelagem de Séries Temporais.

**TATIANA KIMURA KODAMA**

Possui graduação em Engenharia de Produção pela Universidade Federal da Grande Dourados (2012) e mestrado (2015) pelo Programa de Pós-graduação do Departamento de Engenharia de Produção da Universidade Federal de São Carlos.

**THAÍÍS ALMEIDA**

Possui graduação em Engenharia de Produção - Faculdades Oswaldo Cruz (2012). Mestrado em Ciências dos Materiais (Conceito CAPES 6). Atual Vínculo: Celetista, Enquadramento Funcional: Professor, Carga horária: 40

**THOMAS EDSON VIANA DE SOUZA COELHO**

Possui graduação em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (2004), mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas Computacionais pela Universidade Federal Fluminense, UFF (2018). Atualmente é Engenheiro de Terminais e Dutos Pleno - Petrobras Transporte - Matriz. Tem experiência na área de Engenharia Mecânica, com ênfase em Engenharia Mecânica, atuando principalmente nos seguintes temas: projetos de máquinas e equipamentos e análise por elementos finitos, manutenção e inspeção industriais.

**VALDEMIR SILVA**

Mestre em Ciências Contábeis pela Universidade Federal de Pernambuco (2016). Especialista em Contabilidade Avançada pelo Centro de Estudos Superiores de Maceió (CESMAC). Possui graduação em Ciências Contábeis pela Universidade Federal de Alagoas (1996). Atualmente é professor da Universidade Federal de Alagoas. Tem experiência na área de Administração Pública, com ênfase em contabilidade.

**VALNEI CARLOS DENARDIN**

Possui graduação em Ciências Agrárias pela Universidade Federal de Santa Catarina (1989) e mestrado em Ciências dos Alimentos pela Universidade Federal de Santa Catarina (1993). Concluiu os créditos de Doutorado em Engenharia de Produção. Atualmente é professor da Universidade do Sul de Santa Catarina. Tem experiência na área de Agronomia e Engenharia

de Produção, com ênfase em Matérias Primas Alimentares, processos produtivos; atuando principalmente nos seguintes temas: controle de qualidade, logística, estatística, plano de negócios, rastreabilidade; alimentos e gastronomia. Atua também como professor nos cursos de pós-graduação na área de logística na UNISUL e SENAC.

#### **WATERLOO FERREIRA DA SILVA**

Possui graduação em Ciência da Computação pela Universidade Federal do Maranhão (2004). Especialização em Gerencia de Projetos pela Fundação Getúlio Vargas (2008). Mestrando em Engenharia Elétrica pela UFPA, previsão de conclusão março 2019. Docente da área de Tecnologia da Informação com foco no Desenvolvimento do Capital Intelectual voltado para Software de ERP, bem como demais áreas, Mineração de dados, Banco de Dados. Conhecimento em Qualidade de Energia. Desenvolveu trabalhos com aplicação na Indústria, Comércio e Laboratórios. Aplicações em Gerenciamento das plataformas tecnológicas e mercadológicas com foco na cadeia produtiva.

#### **WELLERSON MELO MOTA**

Graduado em Bacharelado em Ciências e Tecnologia pela UFERSA. Graduando em engenharia de produção na UFERSA - Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Ex-Empresário júnior na empresa Project Jr. consultoria. Ex-bolsista do programa Ciências sem Fronteiras.

#### **WILTON BERNARDINO**

Possui graduação em Licenciatura em Matemática pela Universidade Federal de Pernambuco (2007), mestrado em Estatística pela Universidade Federal de Pernambuco (2009) e doutorado em Economia pela Universidade Federal de Pernambuco (2013). Atualmente é professor Adjunto III na Universidade Federal de Pernambuco, alocado no quadro de professores do Departamento de Ciências Contábeis e Atuariais. Tem experiência nas áreas de Matemática Aplicada, Probabilidade e Estatística, com ênfase em Regressão e de modelos de otimização dinâmica

Agência Brasileira do ISBN

ISBN 978-85-7042-038-1



9 788570 420381