

# Gestão da Produção em Foco



19  
VOLUME



Editora Poisson

Editora Poisson

# Gestão da Produção em Foco Volume 19

1ª Edição

Belo Horizonte  
Poisson  
2018

Editor Chefe: Dr. Darly Fernando Andrade

Conselho Editorial

Dr. Antônio Artur de Souza – Universidade Federal de Minas Gerais  
Dra. Cacilda Nacur Lorentz – Universidade do Estado de Minas Gerais  
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

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

G393

**Gestão da Produção em Foco - Volume 19/  
Organização Editora Poisson - Belo  
Horizonte - MG : Poisson, 2018  
241p**

**Formato: PDF**

**ISBN: 978-85-93729-95-9**

**DOI: 10.5935/978-85-93729-95-9.2018B001**

**Modo de acesso: World Wide Web**

**Inclui bibliografia**

**1. Gestão da Produção 2. Engenharia de  
Produção. 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.

[www.poisson.com.br](http://www.poisson.com.br)

[contato@poisson.com.br](mailto:contato@poisson.com.br)

# Sumário

- Capítulo 1:** Implantação da metodologia Workload Control (WLC) para redução do tempo de lead time do setor de corte e dobra do processo de fabricação de uma indústria do setor metal-mecânico..... 7  
Juan Pablo Silva Moreira, Saulo Fonseca Soares, Célio Adriano Lopes, Janaína Aparecida Pereira
- Capítulo 2:** Métodos de previsão de demanda: Um estudo de caso com dados de vendas de três produtos de um laticínio de pequeno porte ..... 19  
Alyne Resende Piassi, Bruna Beatriz Lara Moreira, Eliene Aparecida Chagas, Rosiane Gonçalves dos Santos, Carlos Roberto de Sousa Costa
- Capítulo 3:** Planejamento operacional em minas a céu aberto: Uma revisão teórico-conceitual ..... 31  
Ana Clara Soares Bicalho, Stella Jacyszyn Bacheга, Rita de Cássia Pedrosa Santos
- Capítulo 4:** Análise da automação do processo produtivo do petróleo: Um estudo de caso em um poço com BCS..... 47  
Gilberto Horácio de França, André Pedro Fernandes Neto
- Capítulo 5:** Estudo do requisito de usabilidade com enfoque em sistemas ERP para implementação em uma biblioteca de requisitos. .... 59  
Roberta Alvarenga dos Santos, Mariana Abreu Gualhano, Bruno Lima Souza, Aline Pires Vieira de Vasconcelos, Rogério Atem de Carvalho
- Capítulo 6:** Desafios de produção de biodiesel utilizando catalisador óxido de cálcio derivado da casca de ovo ..... 69  
Luciene da Silva Castro, Audrei Giménez Barañano
- Capítulo 7:** Manutenção produtiva total: Avaliação da adequação aos pilares da TPM em uma empresa de vidros no estado de Pernambuco.... 77  
Simone Correia de Lima, Nadia Heloisa Barbosa Goulart, Jacinta de Fátima Pereira Raposo
- Capítulo 8:** Modelagem e simulação do processo de atendimento médico hospitalar para exames de ultrassonografia em Passos/MG..... 94  
Ana Paula Bueno Lopes, Nájjlla Cecília Pereira Costa, José da Silva Ferreira Junior



# Sumário

<b>Capítulo 9:</b> A importância da implementação do sistema RT/ESD (Registro de Testes de Descargas Eletrostáticas) como redução de custos nos processos .....	<b>107</b>
Jefferson Brandão da Costa, José Roberto Lira Pinto Júnior, Mauro Cezar Aparício de Souza, Marcos Bandeira Amorim, Raphael Lage de Farias	
<b>Capítulo 10:</b> Processo de ensino a partir da metodologia para o desenvolvimento de produtos: A experiência da disciplina de Projeto de Objetos 1 .....	<b>120</b>
Layane Nascimento de Araújo, Steffane Luiza Costa Neves, Anderson Elias Silva de Melo, Sandro Alisson Neris dos Santos, Juliana Donato de Almeida Cantalice	
<b>Capítulo 11:</b> Aplicação do Projeto Kaizen em uma empresa de pequeno porte: Um estudo de caso.....	<b>134</b>
Jéssica Alves Justo Mendes, Carlos Alberto Chaves, Thiago Bittencourt Leite	
<b>Capítulo 12:</b> Melhorias implantadas para atender as exigências da NR 12 em uma empresa no polo industrial de Manaus (PIM).....	<b>149</b>
Charles Ribeiro de Brito, Wesley Gomes Feitosa, Welleson Feitosa Gazel, Delmar Leda de Ataíde, Jorge Luiz Oliveira Regal, Mesaque Silva de Oliveira	
<b>Capítulo 13:</b> UGV solutions: UGVs e suas aplicações para cidades inteligentes .....	<b>157</b>
Daniel Rodrigues Ferraz Izario, Carlos Nazareth Motta Marins	
<b>Capítulo 14:</b> Análise comparativa dos sistemas de produção just in time (JIT) e manufacturing resource planning (MRP) .....	<b>172</b>
Natália Varela da Rocha Kloeckner	
<b>Capítulo 15:</b> Lógica nebulosa aplicada ao gerenciamento de inventário - minimizando incertezas de demanda e suprimento .....	<b>183</b>
Ramon Cunha de Farias, Giovane Quadrelli, Carlos Eduardo Antunes da Silva	

# Sumário

<b>Capítulo 16:</b> Modelo de previsão de demanda baseado em redes neurais: otimizando a cadeia de suprimentos.....	<b>193</b>
Ramon Cunha de Farias, Giovane Quadrelli, Carlos Eduardo Antunes da Silva	
<b>Capítulo 17:</b> Design e metodologias de projeto de produto para uma proposta de abrigo urbano.....	<b>202</b>
Layanne Ferreira dos Santos, Uberlany Freire Damascena, Juliana Donato Cantalice de Almeida	
<b>Capítulo 18:</b> Avaliação de confiabilidade através de simulações baseadas em teoria de filas.....	<b>208</b>
André Luiz Alves, Agamenon Lima do Vale, Maria José Pereira Dantas, Clarimar José Coelho	
<b>Capítulo 19:</b> Proposta de um jogo de empresa, utilizando os conceitos de desenvolvimento e projeto de produto .....	<b>220</b>
Joice Maria Alves dos Anjos, Robson Rodrigues, Carlos Eduardo Francischetti, Ivan Correr	
<b>Autores:</b> .....	<b>229</b>

# Capítulo 1

## *IMPLANTAÇÃO DA METODOLOGIA WORKLOAD CONTROL (WLC) PARA REDUÇÃO DO TEMPO DE LEAD TIME DO SETOR DE CORTE E DOBRA DO PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE UMA INDÚSTRIA DO SETOR METAL-MECÂNICO*

*Juan Pablo Silva Moreira*

*Saulo Fonseca Soares*

*Célio Adriano Lopes*

*Janaina Aparecida Pereira*

**Resumo:** A crescente pressão competitiva tem impulsionado os empreendimentos em sua busca por alternativas que propiciem tanto a redução nos prazos de entrega quanto à mitigação dos custos em todos os processos da cadeia produtiva (MASON-JONES & TOWILL, 2000). Desta maneira, o objetivo desta pesquisa é utilizar a união da metodologia FMEA e a WLC em uma empresa do setor metal-mecânico, que para fins de confidencialidade, será considerada no presente artigo como Empresa Alfa, identificando os problemas que elevam o tempo de *lead-time* do processo produtivo e com o auxílio da metodologia WLC, analisar as cargas de trabalho realizadas na linha de produção para que seja possível fazer o controle da produção. Por isso, a fim de tornar a concretização visível aos colaboradores da empresa, nessa análise foi utilizado formulários de maneira descritiva e qualitativa, pois essas formas pesquisa permitem maior interação com o cotidiano da linha de produção organizacional. Através desta pesquisa foi possível analisar que as metodologias WLC e FMEA trazem para a empresa em que ela foi implantada. Já que com uma visualização das possíveis falhas, identificadas através da metodologia FMEA, a empresa pode desenvolver um plano de ações corretivas para prevenir contra as eventuais falhas listadas. Além disso, a utilização da metodologia WLC possibilitou a visualização das cargas de trabalhos dos colaboradores, e tornou possível a visualização dos colaboradores que estavam sofrendo de fadiga e que estavam trabalhando de forma exaustiva.

## 1 INTRODUÇÃO

A crescente pressão competitiva tem impulsionado os empreendimentos em sua busca por alternativas que propiciem tanto a redução nos prazos de entrega quanto à mitigação dos custos em todos os processos da cadeia produtiva (MASON-JONES & TOWILL, 2000). Em virtude disso, com o processo de inovações tecnológicas, se tornou muito importante que os empreendimentos desenvolvam periodicamente a implantação de procedimentos que auxiliem a dar um direcionamento ao processo de tomada de decisão, garantindo, que seus produtos não entrem em declínio.

De acordo com Gonçalves (2000) “o futuro vai pertencer às empresas que conseguirem explorar o potencial da centralização das prioridades, as ações e os recursos nos seus processos”. Logo, para garantir melhores posições no mercado, basta que estes empreendimentos adquiram um posicionamento que lhe promova um processo de melhoria contínua, não somente para sobreviver, mas para obterem destaque nesse novo ambiente de extrema competitividade.

Chiavenato (1990) salienta que os estoques têm como principal objetivo auxiliar na garantia de um bom funcionamento da empresa, mitigando os efeitos que a demora ou o atraso no fornecimento de determinado suprimento ocasionam na lucratividade, confiabilidade e na flexibilidade do processo produtivo de uma organização.

Segundo Wiendahl & Breithaupt (2001), o uso do *Workload Control* (WLC) ou *Load-Oriented Control* (LOC) tem o objetivo de realizar o controle das cargas de trabalho realizadas no processo de manufatura, servindo como indicador de capacidade produtiva e instrumento que permite a realização de um ajuste que esteja em conformidade com o nível de inventário, com as ordens de fabricação, reduzindo, desta forma, os tempos de atravessamento sem que isso comprometa a flexibilidade do processo produtivo.

Segundo Haskose *et al.* (2004), a discussão em torno desta metodologia está levando como base o estilo de produção *make-to-order* (MTO), em que são exigidas aplicações de métodos para

o planejamento da produção em baixas quantidades e alta customização dos produtos, o que exige a elaboração de abordagens estocásticas para apoio à tomada de decisão e redução das incertezas. O autor informa também que a “utilização de métodos mais robustos para controlar centros de trabalhos pode melhorar a produtividade da manufatura”, contribuindo para a redução do tempo de *lead-time* do processo produtivo.

Selitto *et al.* (2008) salienta que apesar de não ser muito discutida nas indústrias brasileiras, a metodologia WLC é considerada uma importante aliada para as empresas do tipo MTO, pois permite desenvolver aprimoramentos no controle da produção, por meio de uma melhoria no desempenho das atividades produtivas da organização.

Desta maneira, o objetivo desta pesquisa é utilizar a união da metodologia FMEA e a WLC em uma empresa do setor metal-mecânico, que para fins de confidencialidade, será considerada no presente artigo como Empresa Alfa, identificando os problemas que elevam o tempo de *lead-time* do processo produtivo e com o auxílio da metodologia WLC, analisar as cargas de trabalho realizadas na linha de produção para que seja possível fazer o controle da produção.

Deste modo, com o objetivo de analisar o tema abordado com uma maior exatidão, desenvolveu-se um estudo sistemático dos conteúdos disponíveis em métodos, técnicas e procedimentos de caráter científico. Assim, quanto aos objetivos, esta pesquisa foi caracterizada como descritiva, pois de acordo com Gil (2002) a pesquisa descritiva é “a descrição das características de determinada população ou fenômeno, ou, então, o estabelecimento de relação entre as variáveis”.

Além disso, a fim de que se efetuasse um gerenciamento de estoques eficientes para garantir uma maior produtividade dos *sidecars* desenvolvidos pela Empresa Alfa, o autor deste trabalho, faz uso de uma abordagem qualitativa. Essa abordagem possibilita uma relação direta entre o mundo real e o ambiente pesquisado, já que permite analisar, questionar e interpretar determinado fato sem a necessidade de analisar os recursos numéricos ou estatísticos. Silva e Menezes

(2005) explanam que a abordagem de caráter qualitativo permite a percepção de um fato relacionado às pessoas: atitudes, hábitos ou comportamentos.

## 2 LEAN MANUFACTURING

De acordo com Black (1998, p. 121), o “sistema de manufatura deve entregar produtos de qualidade ao preço mais baixo possível dentro do menor período de tempo possível” e é neste ambiente que se origina a mentalidade de produção enxuta que, segundo o Lean Institute Brasil (2012) consiste em “uma estratégia de negócios para aumentar a satisfação dos clientes através da melhor utilização dos recursos”. A finalidade desta filosofia é fornecer valor aos consumidores com custos baixos, através da melhoria dos fluxos dos processos.

A produção enxuta pode ser interpretada como o pilar de um sistema de um controle de operações que procura sempre a coordenação ou sincronismo do processo produtivo com a demanda específica de produtos acabados fabricados pela empresa, para tanto, otimiza-se todos os *leadtimes* intrínsecos à fabricação, montagem e disponibilização dos bens e/ou serviços, priorizando o controle de qualidade presente nos processos e produtos, flexibilizando e integrando os processos de manufatura através do atendimento as conformidades referentes ao custo, a qualidade e aos prazos estabelecidos pelos clientes internos e externos ao empreendimento (YUSUF e ADELEYE, 2002).

Oliveira (2008) salienta ainda que a filosofia do pensamento enxuto tem a finalidade de identificar e eliminar todos os desperdícios existentes na linha de produção, focando especialmente nas atividades que agregam algum tipo valor para o consumidor. Por esse motivo, a redução destes desperdícios pode elevar a eficiência da operação por uma ampla margem, ou seja, deve-se produzir apenas a quantidade necessária que supri a demanda, liberando assim, a força de trabalho extra e desnecessária (OHNO, 1997). Desta forma, Womack *et al.* (2004) salientam ainda que a redução dos custos de fabricação de produtos em lotes menos, em comparação com a produção em larga escala, pode ser interpretada

como uma aprimoramento organizacional dos níveis de qualidade, pois é possível obter um poder maior de rigor quando se fabrica itens a partir de pequenos pedidos.

### 2.1 LEAD TIME

Segundo Pollick (2010) o *Lead time* compreende o período (tempo) realizado entre a solicitação de uma ordem de compra de um consumidor e termina na entrega do produto final, entretanto o tempo de entrega de um produto depende de uma série de fatores que podem, de acordo com a necessidade do empreendimento, podendo ser modificado em temporadas, feriados ou através da demanda do produto.

Christopher (2009) salienta que um ponto de partida para a minimização do tempo pode ser a identificação de todos os processos, bem como o tempo de duração de cada uma delas, pois ao diminuir as incertezas, torna-se possível a criação de parcerias estáveis de longo prazo, em um ambiente de confiança, em que todos os integrantes tenham algum benefício nesta relação.

Pollick (2010) acrescenta ainda que o *Lead time* pode ser interpretado também como a diferença entre a realização de uma venda e a visualização de um concorrente assinar um contrato e entregar o produto antecipadamente para um cliente com alto poder aquisitivo, pois se o empreendimento conseguir realizar a entrega algumas semanas antes de seus concorrentes, esta tem a melhor chance de receber encomendas futuras.

Considerando que o *lead time* é uma medida de tempo, é possível torná-lo mais flexível ao sistema produtivo de forma a atender as solicitações do cliente, isto, quanto menor o tempo de transformação das matérias-primas em produtos acabados, menores serão os custos do sistema produtivo com o atendimento as necessidades dos consumidores finais (TUBINO, 1999).

### 2.2 PRODUÇÃO MAKE-TO-ORDER

A chegada de uma ordem de pedido do cliente provoca o início da produção dos produtos desejados. Ao optar pelo tipo de produção *Make-to-Order* (MTO), a empresa garante algumas vantagens

como a realização de um estilo de produção com baixos estoques de produtos acabados, sendo adequado para os estilos de produtos com demanda pouco frequente e que possuem alto custo de estocagem (itens classe A) ou que são perecíveis (SELITTO *et al.*, 2008). Esta estratégia, entretanto, torna o *lead-time* do produto igual ao *lead-time* da atividade mais demorada do processo de fabricação do produto. Este particular pode tornar o prazo de entrega estrategicamente indesejável, especialmente em mercado no qual o fator velocidade de entrega é vital.

Segundo Machado Neto (2003) na produção dos produtos do estilo MTO, não são realizados trabalho com estoques de produtos acabados. Esta técnica é adequada para produtos com demanda reduzida, ou cuja previsão se torne muito complexa, já que possuem alto custo de estocagem, sendo desaconselhável a produção cujo mercado tem um fator de velocidade e de atendimento como um fator de vital importância para garantir um fator que garante a competitividade entre as organizações.

Darú e Lacerda (2005) salientam que ao evitar os custos de armazenagem, torna-se possível a realização de uma redução considerável dos desperdícios de estocagem e de superprodução, já que o item entra, é processado e na sequência já é expedido para um consumidor final já estabelecido.

### 2.3 FMEA

A Análise de Modos e Efeitos de Falhas, ou FMEA (*Failure Mode and Effects Analysis*) é um instrumento de caráter analítico que possibilita “identificar e documentar de forma sistemática falhas em potencial, de maneira a eliminá-las ou reduzir suas ocorrências por meio de um processo de aplicação estruturado” (ROMEIRO FILHO *et. al*, 2010).

Miguel (2001) informa também que a partir da utilização deste método tornando possível evidenciar os possíveis gargalos que ocorrem da linha de produção, tal como a decorrência de suas causas e, com isso é possível definir atividades que servem de prevenção contra acidentes.

Para a realização do cálculo que está relacionado com a implantação do FMEA nas organizações, Stamatis (2003) considera três vertentes para identificar o grau de significância dos gargalos, sendo eles: o grau de Severidade (S) das falhas, a incidência ou a Ocorrência (O) das mesmas e como elas podem ser Detectadas (D).

Palady (1997) evidencia que a severidade geralmente é quantificada através de uma escala que varia entre 1 a 10. Para Moreira (2017) “esta escala dissemina a magnitude dos valores aumenta à medida que há um aumento na gravidade do gargalo”, conforme é registrado por Palady (1997) no quadro 1.



Quadro 1 – Demonstração da Escala de Severidade

DESCRIÇÃO	CRITÉRIO	GRAU
Efeito não percebido pelo cliente.	Sem Gravidade	1
Efeito bastante insignificante, percebido pelo cliente; entretanto, não faz com que o cliente procure o serviço.	Baixa Gravidade	2
Efeito insignificante, que perturba o cliente, mas não faz com que procure o serviço.		3
Efeito bastante insignificante, mas perturba o cliente, fazendo com que procure o serviço.	Gravidade Moderada	4
Efeito menor, inconveniente para o cliente; entretanto, não faz com que procure o serviço.		5
Efeito menor, inconveniente para o cliente, fazendo com que o cliente procure o serviço		6
Efeito moderado, que prejudica o desempenho do projeto levando a uma falha grave ou a uma falha que pode impedir a execução das funções do projeto	Gravidade Alta	7
Efeito significativo, resultando em falha grave; entretanto, não coloca a segurança do cliente em risco e não resulta em custo significativo da falha		8
Efeito crítico que provoca a insatisfação do cliente, interrompe as funções do projeto, gera curso significativo da falha e impõe um leve risco de segurança (não ameaça a vida nem provoca incapacidade permanente) ao cliente	Gravidade Muito Alta	9
Perigoso, ameaça a vida ou pode provocar incapacidade permanente ou outro custo significativo da falha que coloca em risco a continuidade operacional da organização		10

Fonte: Palady (1997)

Para Miguel (2001) é uma relação entre a ocorrência das estimativas entre as probabilidades combinadas às ocorrências de um determinado gargalo. O

quadro 2 demonstra a escala de percepção da ocorrência, que também varia em uma escala de 1 a 10.

Quadro 2 – Escala de Avaliação de Ocorrências.

DESCRIÇÃO	CRITÉRIO	GRAU
Extremamente remoto, altamente improvável	Probabilidade Remota	1
Remoto, improvável	Probabilidade Baixa	2
Pequena chance de ocorrência		3
Pequeno número de ocorrência		4
Espera-se um número ocasional de falhas	Probabilidade Moderada	5
Ocorrência moderada		6
Ocorrência frequente		7
Ocorrência elevada	Probabilidade Alta	8
Ocorrência muito elevada		9
Ocorrência certa	Probabilidade Muito Alta	10

Fonte: Palady (1997)

Entretanto, Miguel (2001) destaca que estes índices permitem que as organizações visualizem imperfeições que não refletem nos níveis de qualidade reais ou de alguns setores da organização. Para tanto, a fim de identificar o percentual de

ocorrência, foi desenvolvida, por Palady (1997), uma estimativa que explana a escala de ocorrência (quadro 3), fazendo com que seja possível demonstrar que a incidência de uma determinada falha. Este

percentual pode variar em uma escala de 1 a 10.

Quadro 3 – Escala Percentual de Ocorrências

Menos de 0,01%	1
0,011 - 0,20	2
0,210 - 0,60	3
0,61 - 2,00	4
2,001 - 5,00	5
5,001 - 10,0	6
10,001 - 15,00	7
15,001 - 20,00	8
20,001 - 25,00	9
Mais de 25%	10

Fonte: Palady (1997)

Com base nestas três variáveis (Severidade, Ocorrência e Detecção), é possível a realizar de um parâmetro que permita seguir os modos de falha que causam mais risco à linha de produção (STAMATIS, 2003). De acordo com Moreira (2017) “o método utilizado para obter essa

priorização é a multiplicação dos valores obtidos para os três índices ( $NPR = S \times D \times O$ ) e, a partir deste resultado é calculado o RPN (*Risk Priority Number*) ou NPR (Número de Prioridade de Risco)”. O quadro 4, exemplifica a avaliação do NPR.

Quadro 4 – Pontuação do NPR

Avaliação	Pontuação de Risco
Baixo	1 - 50
Médio	50 - 100
Alto	100 - 200
Muito Alto	200 - 000

Fonte: Adaptado de Miguel (2001)

Para Miguel (2001) a aplicação do FMEA garante um maior poder de evidência dos gargalos existentes no processo produtivo, já que permite demonstrar os modos de risco/falhas que ocorrem, ou que poderão ocorrer no processo em evidência.

#### 2.4 WORKLOAD CONTROL (WLC)

Chase *et al.* (2006) conceitua o *Workload Control* (WLC) como uma metodologia desenhada para ambientes produtivos com um nicho específico de manufatura, já que possuem os conceitos de entrada da matéria-prima e saída do produto final bem definidos. Em se tratando de uma produção que é definida de acordo com a

demanda do consumidor, é necessário analisar se a capacidade produtiva está seguindo a carga de trabalho total admitida no processo (entrada) para nunca exceder à capacidade de execução das operações (saída), caso isso ocorra, há consequências como a conclusão atrasada das ordens de produção e o “congestionamento” entre elas, o que ocasionará em uma recorrência de horas-extras de produção, tornando o processo de trabalho ineficiente.

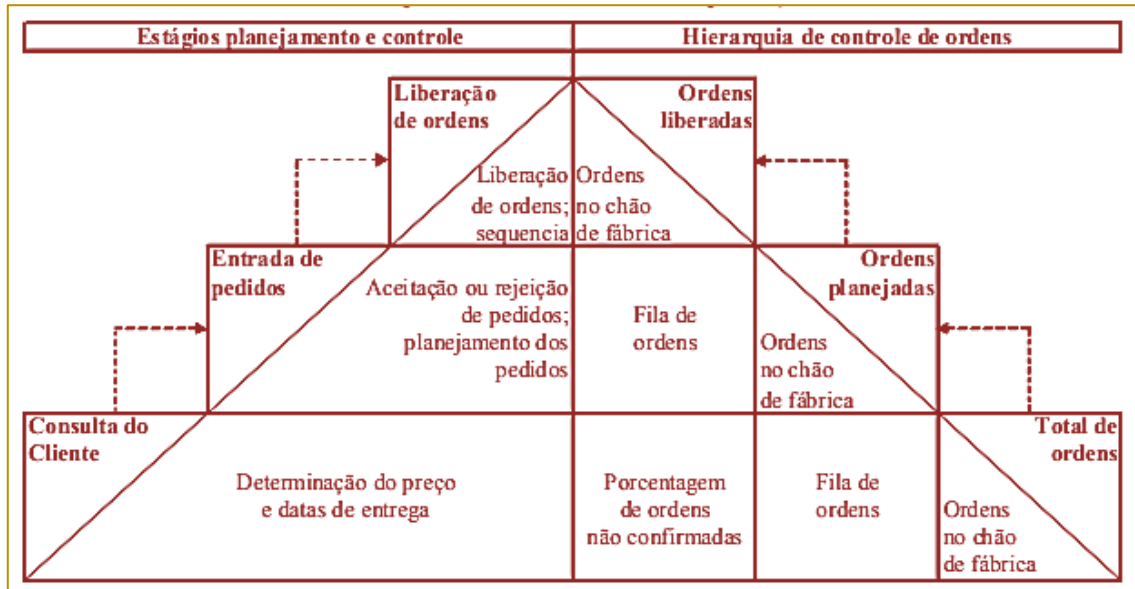
No sistema WLC, a sequência de trabalho ocorre com a ordem de produção dos clientes, ou seja, os clientes “dão início” à entrada de pedidos e a liberação de ordens para produção. Essas ordens serão



tratadas, priorizadas e sequenciadas, respeitando-se regras de produção definidas pelo empreendimento, além disso, essas etapas a execução dessas etapas devem estar acompanhadas de um gerenciamento adequado sobre a sua

capacidade de produção (STEVENSON, 2006). A figura 1 demonstra, de maneira esquematizada, a hierarquia de planejamento e controle do sistema WLC, indicando atividades-chave de controle da produção.

Figura 1 – Hierarquia de planejamento e controle do sistema WLC



Fonte: Stevenson (2006)

A carga de trabalho planejada é controlada pela emissão do pedido de produção do cliente, que dá suporte e determina as datas de entrega, bem como a possibilidade de aquisição de novos pedidos de fabricação, o que fornece à organização um diferencial competitivo frente aos seus concorrentes (DUENYAS; HOPP, 1995). Kingsman e Mercer (1997) salientam ainda que a carga de trabalho do chão de fábrica é controlada através de mecanismos permitem a visualização dos processos de produção, bem como os possíveis gargalos e deficiências que ocorrem durante a fabricação de determinado produto.

### 3 METODOLOGIA

Para iniciar o processo de implantação da metodologia *Workload Control* (WLC) em conjunto com a metodologia FMEA, foi realizado um estudo teórico quanto à utilização destes instrumentos como impulsionadores para o processo de melhoria contínua dos sidecars fabricados pela Empresa Alfa. Em seguida, para dar

maior eficiência à pesquisa desenvolveram-se dois formulários, compostos por questões abertas e fechadas, aplicados a todos os doze (12) colaboradores da organização. Os dados posteriores deste estudo foram adquiridos através de consulta a *sites*, artigos de caráter técnico-científicos, livros, monografias e dissertações.

As questões contidas nos formulários tratam sobre a organização estratégica do empreendimento, sobre a produção dos equipamentos, a missão, a visão e os objetivos da empresa. Além disso, os formulários serviram também para identificar os possíveis fatores que influenciam no gargalo do processo produtivo, bem como, avaliar a opinião dos envolvidos no processo de melhoria e monitorar os resultados obtidos em todo o processo de fabricação dos *sidecars* fabricados pelo empreendimento em análise.

#### 4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Com base nas informações coletadas, foi desenvolvida uma proposta para a aplicação das metodologias WLC e FMEA no processo de fabricação dos sidecars da Empresa Alfa. O primeiro passo relatado nesta análise foi à realização de uma reunião para que gestores e colaboradores pudessem esclarecer as informações sobre o funcionamento do triciclo e como é a realizada a fabricação do semieixo da organização.

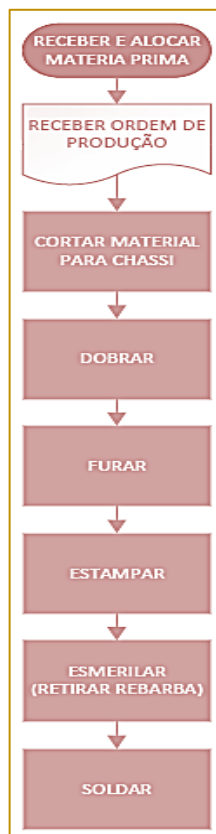
Desta forma, com base nos esclarecimentos adquiridos, foi possível definir os objetivos estratégicos para a elaboração de uma análise eficiente e que beneficiasse tanto colaboradores como os clientes que consomem os produtos do empreendimento analisado. Para Moreira *et al.* (2015) uma análise que ocorre no setor produtivo de um empreendimento só se torna bem sucedido quando são considerados fatores que são vantajosos tanto para a organização (incluindo os colaboradores e os gestores) quanto para os clientes, pois nada adianta desenvolver

um produto vantajoso para o empreendimento se os clientes não consumirem esses produtos.

Holcomb e Hitt (2007) a primeira medida a ser tomada para garantir a eficiência desta análise é a definição de uma equipe que deverá analisar todo o processo a fim de verificar todos os custos necessários para fabricar o produto internamente e quanto custará para uma empresa terceirizada fabricá-lo. Assim, foi definida a equipe que realizará o controle das cargas de trabalho realizadas no processo de corte e dobra dos *sidecars*.

Para melhor evidenciar o desenvolvimento de qualquer atividade no contexto organizacional, é importante demonstrar todos os procedimentos necessários para se compreender a sequência lógica das atividades que o compõem (GRIMALDI & MANCUSO, 1994). Em virtude disso, a fim de realizar uma melhor análise desta metodologia, foi elaborado um fluxograma com a finalidade de demonstrar todas as etapas desenvolvidas no processo de corte e dobra dos *sidecars* (figura 2).

Figura 2 – Fluxograma do processo de corte e dobra dos *sidecars*



Atuam no processo de laminação dos *sidecars* dois colaboradores, eles ficam responsáveis por todas as atividades, desde o recebimento da ordem de produção até a rebarba dos *sidecars* semiacabados. Entretanto, para identificar a carga de trabalho realizada por cada operador torna-se necessário a elaboração de um banco de dados com informações sobre as possíveis causas e modos de falhas existentes nessa etapa do processo produtivo.

Para desenvolver este estudo e aplicar a metodologia WLC torna-se indispensável à elaboração de um banco de dados com

informações sobre as possíveis causas e modos de falhas existentes no processo produtivo organizacional. Neste sentido, a primeira etapa do desenvolvimento desta melhoria foi a de analisar, através do método FMEA, todos os dados de falhas contidos na linha de produção. Esta análise FMEA foi adquirida através de um levantamento realizado com a colaboração dos funcionários e gestores (quadro 5). Todos os fatores observados foram inseridos em um quadro que os classifica de acordo com a sua Severidade (S), Ocorrência (O), Detecção (D) e o Número Prioridade de Risco (NPR) – obtido através da equação  $NPR = S \times O \times D$ .

Quadro 5 – Análise FMEA do processo de fabricação dos *sidecars*

RISCO (S)	S	O	D	(NPR)	PRIORIDADE (GRAU) DE RISCO
1. Incoerência nas especificações dos clientes	5	4	1	20	BAIXO RISCO
2. Falha na união das peças dobradas	7	4	3	84	RISCO MODERADO
3. Incidência de trincas longitudinais durante o processo de corte e dobras	9	4	2	72	RISCO MODERADO
4. Incidência de porosidades/impurezas no processo de corte e dobra do chassi	8	4	2	96	RISCO MODERADO
5. Quebra do chassi semiacabado	9	6	6	324	ALTO RISCO
6. Quebra do esmeril	9	5	6	270	ALTO RISCO
7. Falta de Matéria Prima	4	4	1	16	BAIXO RISCO
8. Erro de comunicação na fabricação do <i>sidecar</i>	4	5	1	20	BAIXO RISCO

Com a visualização das possíveis falhas, torna-se possível identificar as ocasiões em que é necessária uma maior atenção dos colaboradores, mas não é possível estimar a colaboração de cada colaborador nas etapas de trabalho. Desta maneira, para evidenciar de maneira mais eficiente a atuação de cada colaborador, foi elaborado um diagrama homem-

máquina para se analisar as cargas de trabalho realizadas pelos equipamentos e por cada colaborador (apêndice A).

Através do apêndice A foi possível evidenciar que há uma grande carga de trabalho em cada um dos colaboradores do setor de corte e dobra (percentual superior a 90%), o que poderá resultar em um grande desgaste dos funcionários e,

consequentemente na redução da produtividade da organização. Além disso, foi possível observar que os colaboradores tem seu tempo de descanso muito escasso em virtude da alta demanda da empresa.

Desta maneira, com a finalidade de reduzir a carga de trabalho dos colaboradores, optou-se pela retirada de um colaborador da etapa de laminação – setor que apresentava as menores taxas de cargas de trabalho – e inseri-lo no processo de corte e dobra para que ele pudesse auxiliar os colaboradores e reduzir desta maneira as cargas de trabalho desta etapa do processo produtivo no ao mesmo passo que eleva a produtividade do empreendimento.

Após a realização do *turnover* do colaborador e da reestruturação do *layout* (por questões de confidencialidade com a empresa este *layout* não será ser informado) desta etapa realizou-se um novo diagrama homem-máquina para analisar ocorreria à redução nas cargas de trabalho dos colaboradores do setor de corte e dobra da Empresa Alfa (apêndice B). O apêndice B demonstra que houve uma redução significativa nas cargas de trabalho e esses colaboradores não ficarão ociosos, porque foram definidos parâmetros e indicadores que irão auxiliar colaboradores e gestores na realização de trocas temporárias de setores para que dessa forma nenhum colaborador fique ocioso ou com trabalho extra e como eles tem elevados índices de produção o tempo “parado” observado pelo apêndice B será utilizado para iniciar a etapa de corte e dobra em uma nova chapa de aço.

Além disso, através da análise FMEA a organização realizou um planejamento de ações corretivas que serve parâmetros para serem seguidos assim que alguma

das falhas listadas no grupo 5 venham a ocorrer, outro fator, muito importante analisado através da implantação destas é que com a redução das cargas de trabalho os colaboradores estão menos sobrecarregados e motivados para auxiliar outros colaboradores que estão necessitando de ajuda.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através desta pesquisa foi possível analisar que as metodologias WLC e FMEA trazem para a empresa em que ela foi implantada. Já que com uma visualização das possíveis falhas, identificadas através da metodologia FMEA, a empresa pode desenvolver um plano de ações corretivas para prevenir contra as eventuais falhas listadas. Além disso, a utilização da metodologia WLC possibilitou a visualização das cargas de trabalhos dos colaboradores, e tornou possível a visualização dos colaboradores que estavam sofrendo de fadiga e que estavam trabalhando de forma exaustiva.

Na empresa Alfa, a utilização das metodologias SMED possibilitou, dentre outros fatores, a inserção de uma atividade que irá realizar a inspeção de qualidade nas chapas fabricadas, elevando a qualidade dos produtos fabricados pelo empreendimento, além de possibilitar um melhor direcionamento quanto à utilização da matéria prima e reduzir o risco de falta de matéria prima na linha de produção. Foi possível relatar também que com esta nova metodologia os funcionários estão mais preparados para a inserção de estratégias que favoreçam uma melhoria no ambiente de trabalho e um aumento na qualidade dos produtos oferecidos aos seus consumidores.

## REFERÊNCIAS

- [1]. BLACK, J. T. O Projeto da Fábrica com Futuro. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998.
- [2]. CHASE, R.; JACOBS, F. R.; AQUILIANO, N. Administração da Produção para a Vantagem Competitiva. 10 ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.
- [3]. CHIAVENATO, Idalberto. Iniciação ao Planejamento e Controle da Produção. São Paulo: Mcgraw-Hill, 1990.
- [4]. CHRISTOPHER, M. Logística e gerenciamento da cadeia de suprimentos: criando redes que agregam valor. 2.ed. São Paulo: Cengage Learning, 2009.
- [5]. DARÚ, G. H.; LACERDA, V. C. Utilização de Programação Dinâmica Multititulada para Balanceamento do Uso de Ferramenta. In: Congresso Nacional de Matemática Aplicada e Computacional, 28. São Paulo, SENAC, 2005.

- [6]. DUENYAS, I.; HOPP, W. J. Quoting Customer Lead Times. *Management Science*, v. 41, n. 1, p. 43-57, 1995.
- [7]. GIL, Antônio Carlos. Técnicas de pesquisa em economia e elaboração de monografias. 4ª ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- [8]. GONÇALVES, José Ernesto Lima. As empresas são grandes coleções de processos. *RAE – Revista de Administração de empresas*. São Paulo, v.40, n.1, p. 6-19, jan/mar, 2000.
- [9]. GRIMALDI, R. e MANCUSO, J.H. *Qualidade Total*. Folha de SP e Sebrae, 6º e 7º fascículos, 1994.
- [10]. HASKOSE, A., KINGSMAN, B., WORTHINGTON, D. Performance analysis of make-to-order manufacturing systems under different workload control regimes. *International Journal of Production Economics*, 2004, vol. 90, no. 2, p. 169–186.
- [11]. HENDRY, L. C.; KINGSMAN, B. G.; CHEUNG, P. The effect of workload control (WLC) on performance in make-to-order companies. *Journal of Operations Management*, v. 16, p. 63-75, 1998.
- [12]. HOLCOMB, T. R.; HITT, M. A. Toward a model of strategic outsourcing. *Journal of Operations Management*, v. 25, n. 2, p. 464-481, 2007.
- [13]. LEAN INSTITUTE BRASIL. *Lean na Manufatura*. 2012. Disponível em: <<http://www.lean.org.br/>>. Acesso em 04 mar. 2017.
- [14]. MACHADO NETO, R. G. Dimensionamento de lotes de produção, estocagem e transporte ao longo de uma cadeia de suprimentos geral multiestágio, sujeita a restrições de capacidade de produção. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Curitiba: PUC/PR, 2003.
- [15]. MASON-JONES, R & TOWILL, D.R.: “Lean, agile or leagile? Matching your supply chain to the marketplace”; *International J. of Prod. Research*; vol 38; n. 17; 4061-4070; 2000.
- [16]. MIGUEL, P. A. C. *Qualidade: enfoques e ferramentas*. São Paulo: Artliber Editora, 2001.
- [17]. MOREIRA, J. P. S. Análise de falhas com base na metodologia Troubleshooting: um estudo de caso em uma empresa do setor industrial. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Joinville/SC. 2017.
- [18]. MOREIRA, J. P. S. et al. Implantação das Metodologias MASP e 5S no almoxarifado de uma indústria de sidecar. In: XXXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Fortaleza/CE. 2015.
- [19]. OHNO, T. *O sistema Toyota de produção*. São Paulo: Artes Médicas, 1997.
- [20]. OLIVEIRA, C. S. *Aplicação de Técnicas de Simulação em Projetos de Manufatura Enxuta*. Universidade Federal de Minas Gerais, Estudos Tecnológicos, v. 4, n. 3, p. 204-217, 2008.
- [21]. PALADY, P. *FMEA: Análise dos Modos de Falha e Efeitos: prevendo e prevenindo problemas antes que ocorra*. São Paulo: IMAM, 1997.
- [22]. POLLICK, Michael. What is Lead time?. Wise Geek. Disponível em: <<http://www.wisegeek.org/what-is-lead-time.htm>>. Acesso em 20 ago. 2016.
- [23]. ROMEIRO FILHO, E. et al. *Projeto do produto*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.
- [24]. SELLITTO, M., BORCHARDT, M., PEREIRA, G. Medição de tempo de atravessamento e inventário em processo em manufatura controlada por ordens de fabricação. *Produção*, 2008, vol. 18, no. 3, p. 493-507.
- [25]. SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. *Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação*. 4. ed. rev. atual. Florianópolis/SC: Laboratório de Ensino a Distância da UFSC, 2005.
- [26]. STAMATIS, D. H. *Failure mode and effect analysis: FMEA from theory to execution*. 2. ed. rev. e atual. United States: ASQ, 2003.
- [27]. STEVENSON, M. Refining a Workload Control (WLC) concept: a case study. *International Journal of Production Research*, v. 44, n. 4, p. 767-790, 2006.
- [28]. TUBINO, D. F. *Sistemas de Produção: a produtividade no chão de fábrica*. Porto Alegre: Bookman, 1999.
- [29]. WIENDAHL, H.P., BREITHAUPT, J.W. Backlog-oriented automatic production control. *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, 2001, vol. 50, no. 1, p. 331–334.
- [30]. WOMACK, J.P.; et al.. *A máquina que mudou o mundo*. 11.ed. Rio de Janeiro: Campus, 2004.
- [31]. YUSUF, Y. Y.; ADELEYE, E. O. A comparative study of lean and agile manufacturing with a related survey of practices in the UK. *International Journal of Production Research*, v. 40, n. 17, p. 4545-4562, 2002.

## APENDICES

Apêndice A – Representação do Diagrama homem-máquina do setor de corte e dobra com dois colaboradores

Setor Corte e Dobra							
Homem				Máquinas			
Operador 1	Tempo (min)	Operador 2	Tempo (min)	Máquina 1 - Guilhotina	Tempo (min)	Máquina 2 - Dobradeira	Tempo (min)
Selecionar Chapa	2	Selecionar Chapa	2	Parado	2	Parado	2
Transporte da Chapa	3	Transporte da Chapa	3	Parado	3	Parado	3
Marcação do Corte	1,5	Parado	1,5	Parado	1,5	Parado	1,5
Corte da Chapa	0,5	Parado	0,5	Corte da Chapa	0,5	Parado	0,5
Parado	0,4	Marcação da Dobra	0,4	Parado	0,4	Parado	0,4
Dobrar a Peça	3	Dobrar a Peça	3	Dobrar a Peça	3	Dobrar a Peça	3
Encaminhar para Montagem	2,5	Encaminhar para Montagem	2,5	Parado	2,5	Parado	2,5
Percentual Trabalhado	93,02 %	Percentual Trabalhado	92,24 %	Percentual Trabalhado	3,87%	Percentual Trabalhado	23,25 %

Apêndice B – Representação do Diagrama homem-máquina do setor de corte e dobra com três colaboradores

Setor Corte e Dobra									
Homem						Máquinas			
Operador 1	Tempo (min)	Operador 2	Tempo (min)	Operador 3	Tempo (min)	Máquina 1 - Guilhotina	Tempo (min)	Máquina 2 - Dobradeira	Tempo (min)
Selecionar Chapa	1	Selecionar Chapa	1	Selecionar Chapa	1	Parado	1	Parado	1
Parado	2	Parado	2	Transporte da Chapa	2	Parado	2	Parado	2
Marcação do Corte	1,5	Parado	1,5	Parado	1,5	Parado	1,5	Parado	1,5
Corte da Chapa	0,5	Parado	0,5	Parado	0,5	Corte da Chapa	0,5	Parado	0,5
Parado	0,5	Marcação da Dobra	0,5	Parado	0,5	Parado	0,5	Parado	0,5
Dobrar a Peça	3	Dobrar a Peça	3	Parado	3	Dobrar a Peça	3	Dobrar a Peça	3
Inspeção de Qualidade	3	Inspeção de Qualidade	3	Inspeção de Qualidade	3	Inspeção de Qualidade		Inspeção de Qualidade	3
Parado	1,5	Parado	1,5	Encaminhar para Montagem	1,5	Parado	1,5	Parado	1,5
Percentual Trabalhado	65,38 %	Percentual Trabalhado	65,38 %	Percentual Trabalhado	57,7%	Percentual Trabalhado	3,84%	Percentual Trabalhado	23,07 %



# Capítulo 2

## *MÉTODOS DE PREVISÃO DE DEMANDA: UM ESTUDO DE CASO COM DADOS DE VENDAS DE TRÊS PRODUTOS DE UM LATICÍNIO DE PEQUENO PORTE*

*Alyne Resende Piassi*

*Bruna Beatriz Lara Moreira*

*Eliene Aparecida Chagas*

*Rosiane Gonçalves dos Santos*

*Carlos Roberto de Sousa Costa*

**Resumo:** Este trabalho trata-se de um estudo de técnicas de previsão de demanda e tem como objetivo realizar projeções de vendas futuras através da análise de dados de três produtos de um laticínio de pequeno porte, situado na cidade de Passa Tempo no Centro-Oeste de MG. É caracterizado como um estudo de caso, no qual se utilizou ferramentas quantitativas juntamente com as fases do ciclo de vida do produto. A previsão de demanda foi executada com auxílio de métodos estatísticos, tais como: Regressão linear, Média Móvel Simples, Coeficiente de Correlação e Determinação, entre outros. Pôde-se verificar que cada produto analisado se encontra em uma fase distinta do ciclo de vida. Com base nos dados obtidos acredita-se que o iogurte de morango se encontra na fase de crescimento, devido ao aumento constante de suas vendas. Já o iogurte de salada de frutas é um produto que foi introduzido recentemente no mercado e apresenta lento crescimento, sendo assim pressupõe que ele esteja na fase de introdução do ciclo de vida. Por fim, o leite pasteurizado apresenta um comportamento estacionário em suas vendas, o que faz acreditar que ele esteja na fase de maturidade. Contudo, os métodos utilizados para calcular as previsões de demanda se mostraram satisfatórios, sendo assim recomenda-se que a empresa os implemente, com intuito de se obter um bom planejamento nas vendas, evitando custos desnecessários.

**Palavras-Chave:** Previsão de demanda, Ciclo de Vida, Vendas.

## 1 INTRODUÇÃO

Diante do atual cenário mundial a economia se encontra fortemente influenciada pela tecnologia criando um mercado altamente competitivo, assim as empresas buscam diversas alternativas para melhor atender seus consumidores.

Um dos principais meios utilizados para superar essa competitividade consiste em compreender as expectativas do mercado futuro através de previsão de demanda, com isso se pode ter uma aproximação mais exata entre oferta e demanda.

Para Kotler (1991), a demanda de um produto é o “volume total que seria comprado por um grupo definido de consumidores em uma área geográfica definida, em um período de tempo definido, em um ambiente de mercado definido e mediante um programa definido de marketing”.

Existem dois tipos de técnicas de previsão de demanda, as técnicas qualitativas que se baseiam em dados subjetivos e as técnicas quantitativas que envolvem análise numérica de modelos matemáticos. O principal objetivo deste artigo é projetar a demanda futura por meio do uso de técnicas quantitativas aliadas ao ciclo de vida dos produtos.

O ciclo de vida do produto trata-se de um modelo que define o comportamento das vendas de um produto ao decorrer do tempo. (KAYO, 2014)

O presente artigo tem como principal objetivo traçar uma previsão de demanda para três produtos com fases distintas do ciclo de vida. Promovendo uma otimização no sistema de produção de um laticínio de pequeno porte, a fim de reduzir custos relacionados à falta de planejamento da produção. A empresa produz aproximadamente 18 produtos, todavia foram selecionados o iogurte de morango, iogurte de salada de frutas e o leite pasteurizado.

### 1.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo do artigo é criar previsões de vendas para três produtos de um laticínio de pequeno porte utilizando de técnicas quantitativas de previsões de venda juntamente com as fases do ciclo de vida do produto.

### 1.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

Determinar os produtos relevantes para o estudo;

Determinar o comportamento de cada produto;

Determinar a fase do ciclo de vida de cada produto;

Traçar a previsão de demanda para cada produto durante 1 ano ;

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

O ato de planejar é uma atividade comum para qualquer tipo de empresa, independentemente de tamanho ou ramo a que se dedique (MOREIRA, 2014).

As previsões de demanda são fundamentais para todo planejamento, pois auxiliam na determinação dos recursos necessários, na programação dos recursos existentes, aquisição de recursos adicionais e permite diminuir estoques ao longo de cadeias produtivas (VOLLMANN et al., 2006).

Para se conceituar previsão de demanda é preciso inicialmente entender o conceito de demanda. Para Kotler e Armstrong (2007), “demandas são desejos por produtos específicos, respaldados pela habilidade e pela disposição de comprá-los”.

Segundo Lustosa et al (2008), o processo de demanda é importante para a empresa, pois com base nessa informação são tomadas decisões financeiras, comerciais e operacionais. Dessa forma, uma previsão eficiente tem impacto direto no resultado econômico da empresa.

De acordo com Ritzman e Krajewski (2008), a previsão é a avaliação de acontecimentos futuros, utilizada para fins de planejamento e gerenciamento de recursos.

Uma forma eficiente para escolher o método a ser utilizado na previsão de demanda de um produto, consiste em analisar a fase do seu ciclo de vida e através do seu comportamento tendencial, ajustá-lo à uma técnica de previsão específica.

Um produto passa por quatro etapas em seu desenvolvimento, que consiste em: Introdução, crescimento, maturidade e declínio.

Segundo Filho (2006) as características de cada estágio são:



Etapa Introdutória: caracteriza-se pelas elevadas despesas de promoção e pelo grande esforço por tornar a marca reconhecida pelo mercado. Nesta etapa, os preços costumam ser mais altos em razão da baixa produtividade e custos tecnológicos de produção e as margens são apertadas em função do valor que o mercado se dispõe a pagar.

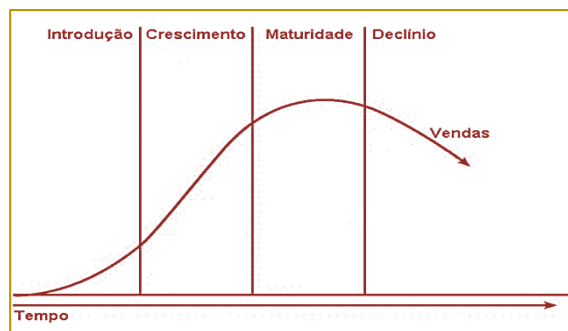
Etapa de Crescimento: ocorre a partir do momento em que a demanda pelo produto aumenta. A relação entre promoção e vendas melhora em função do aumento de vendas.

Etapa de Maturidade: neste estágio, a taxa de crescimento das vendas diminui e tende a se

estabilizar, pois o consumidor já se acostumou ao produto e começa a pressionar por redução de preços. É um momento em que as vendas brutas se mantêm no nível do crescimento do mercado.

Etapa de Declínio: esta etapa marca o processo de desaparecimento do produto no mercado em função do declínio insustentável nas vendas. A velocidade com que isso ocorre depende de características do produto. Produtos que incorporam muita tecnologia tendem a decair mais rapidamente e normalmente são retirados do mercado pelo fabricante.

Figura 1- Fases do ciclo de vida de um produto



Fonte: Romeiro Filho ( 2006)

Para se calcular a previsão de demanda futura, é necessário construir modelos matemáticos a partir de dados disponíveis. A construção destes modelos depende do comportamento da série ou método que eles se encontram.

Segundo Moreira (2014), os métodos de previsão podem ser divididos em dois grupos:

Qualitativos (ou baseados no julgamento): são métodos que repousam basicamente no julgamento de pessoas que, de forma direta ou indireta, tenham condições de opinar sobre a demanda futura, tais como gerentes, vendedores, clientes, fornecedores, etc.

Quantitativos (ou Matemáticos): são aqueles que utilizam modelos matemáticos para se chegar aos valores previstos. Permitem controle de erro, mas exigem informações quantitativas preliminares. Os métodos quantitativos subdividem-se em:

Métodos causais: a demanda de um item ou conjunto de itens é relacionada a uma ou mais variáveis internas ou externas à empresa.

Séries temporais: a análise de séries temporais nada exige além do conhecimento de valores passados da demanda. O termo série temporal indica apenas uma coleção de valores da demanda tomados em instantes específicos de tempo, geralmente com igual espaçamento.

Uma das técnicas mais conhecida dentro da classe de modelos causais é a Regressão linear.

Na Regressão linear há um relacionamento funcional entre variáveis correlacionadas, onde a variável dependente está ligada somente a uma variável independente. (MOREIRA, 2014) Segue abaixo a fórmula da Regressão Linear:

$$Y = a + bX$$

(Equação 1)

Na qual

$Y$  = variável dependente;

$a$  = intersecção no eixo  $Y$ ;

$b$  = inclinação; e

$X$  = variável independente.

Para se obter os valores de  $a$  e  $b$  é necessário fazer uso de um método analítico. O mais utilizado dos métodos existentes é o chamado Método dos Mínimos Quadrados ou MMQ. Tal método se baseia nas seguintes equações normais:

$$\sum Y = na + b\sum X \quad (\text{Equação 2})$$

$$\sum X Y = a\sum X + b\sum X^2 \quad (\text{Equação 3})$$

Nota-se que todos os valores presentes nas equações normais, exceto  $a$  e  $b$ , são conhecidos, sendo:

$n$  = o número de períodos  $t$ ;

$\sum Y$  = somatório das vendas realizadas no período  $t$ ;

$\sum X$  = somatório do número de períodos  $t$ ;

$\sum X Y$  = somatório do produto das vendas pelo período  $t$ ;

$\sum X^2$  = somatório do número de períodos  $t$  ao quadrado.

No entanto, obter a Regressão Linear não é o bastante para saber se foi possível realizar uma boa previsão. Para se ter maior confiabilidade é preciso analisar o Coeficiente de Correlação.

O Coeficiente de Correlação ( $r$ ) determina a relação entre as variáveis dependente e independente. (BUSSAB, 1998). Pode ser calculado por meio da seguinte equação.

$$r = \frac{n\sum xy - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{n\sum x^2 - (\sum x)^2} \cdot \sqrt{n\sum y^2 - (\sum y)^2}} \quad (\text{Equação 4})$$

Segundo Moreira (2014) o coeficiente de correlação pode ser interpretado a partir dos seguintes intervalos:

Tabela 1-Correlação dos valores  $r$

$r$	Correlação
0 a 0,2	Muito baixa
0,2 a 0,4	Baixa
0,4 a 0,6	Média
0,6 a 0,8	Alta
0,8 a 1,0	Muito Alta

Fonte: Autores (2016)

Outros indicadores da qualidade da Regressão Linear são o Erro-Padrão e o Coeficiente de Determinação.

O Erro-Padrão  $S_y$  mede a proximidade dos valores da variável dependente, ao redor da

linha de regressão. É a diferença entre a demanda real e a previsão. (MOREIRA, 2014)

Pode ser calculado a partir da Equação 5.

$$S_y = \sqrt{\frac{\sum(y - \hat{Y})^2}{n-2}} \quad (\text{Equação 5})$$

Na qual

$S_y$  = desvio padrão correspondente à área sob a curva normal;

$\hat{Y}$  = valores previstos para o período  $t$ ;

$y$  = valores reais do período  $t$ ;

$n$  = o número de períodos  $t$ ;

O Coeficiente de Determinação pode ser calculado a partir da Equação 6:

$$\text{Coeficiente de determinação} = \frac{\sum(\hat{Y} - \bar{y})^2}{\sum(y - \bar{y})^2} \text{ ou } r^2 \quad (\text{Equação 6})$$

Onde:

$\bar{y}$  = média dos valores reais da demanda;

$\hat{Y}$  = valores previstos da demanda para o período  $t$ ;

$y$  = valores reais da demanda do período  $t$ ;

Uma série temporal é uma sequência de observações da demanda ao longo do tempo. Em geral, as observações são espaçadas igualmente (dias, semanas, meses, trimestres, anos etc.) A hipótese básica no uso de séries temporais é a de que os valores futuros das séries podem ser estimados com base nos valores passados. (MOREIRA, 2014)

O método da média móvel simples é utilizado para estimar a média de uma série temporal. É um método eficiente quando a demanda é estacionária, ou seja, quando ela varia em torno de um valor médio. (MOREIRA, 2014)

Calcula-se a média para os  $n$  períodos de tempo mais recentes, como mostrado na Equação 7:

$$F_{t+1} = \frac{D_t + D_{t-1} + D_{t-2} + \dots + D_{t-2} + D_{t-n+1}}{n} \quad (\text{Equação 7})$$

Na qual

$D_t$  = Demanda real no período  $t$ ;

$n$  = número total de períodos;

$F_{t+1}$  = Previsão para o período  $t+1$ .

Assim como na Regressão Linear, é necessário fazer alguns cálculos estatísticos para verificar a precisão e exatidão da previsão encontrada pela Média Móvel

Simples. O Desvio Absoluto Médio (MAD), o Erro Médio Quadrático (MSE) e o Sinal de Monitoramento são alguns indicadores que testam a confiabilidade das previsões.

$$MAD = \frac{\sum |Y-D|}{n} \quad (\text{Equação 8})$$

$$MSE = \frac{\sum (Y-D)^2}{n-1} \quad (\text{Equação 9})$$

$$\text{Sinal de Monitoramento} = \frac{\sum |Y-D|}{MAD} \quad (\text{Equação 10})$$

Onde:

$n$  = o número de períodos  $t$ ;

$Y$  = demanda real;

$D$  = demanda prevista.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado em um laticínio de pequeno porte situado na cidade de Passa Tempo na região centro-oeste de Minas Gerais. Trata-se de um estudo de caso pautado em uma pesquisa quantitativa onde objetiva-se quantificar e medir informações.

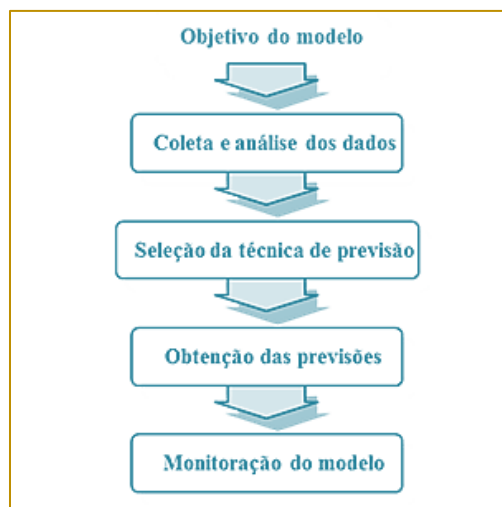
De acordo com Fonseca (2002):

Diferentemente da pesquisa qualitativa, os resultados da pesquisa quantitativa podem ser quantificados. Como as amostras geralmente são grandes e consideradas representativas da população, os resultados

são tomados como se constituíssem um retrato real de toda a população alvo da pesquisa. A pesquisa quantitativa se centra na objetividade. Influenciada pelo positivismo, considera que a realidade só pode ser compreendida com base na análise de dados brutos, recolhidos com o auxílio de instrumentos padronizados e neutros. A pesquisa quantitativa recorre à linguagem matemática para descrever as causas de um fenômeno, as relações entre as variáveis, etc.

A metodologia utilizada neste trabalho segue as etapas seguintes:

Figura 2- Passos para realizar a previsão de demanda



Fonte: Autores (2016)

Primeiramente foram definidos os objetivos geral e específico para realização da coleta e análise dos dados.

Posteriormente foi possível coletar os dados relacionados a cada produto e assim identificar as técnicas de previsão que melhor se ajustam a eles. Os dados foram coletados no período de 17 a 19 de Junho de 2016, em visitas agendadas com os responsáveis pelo setor da produção.

Em seguida, selecionou-se a técnica de previsão quantitativa para realização deste estudo.

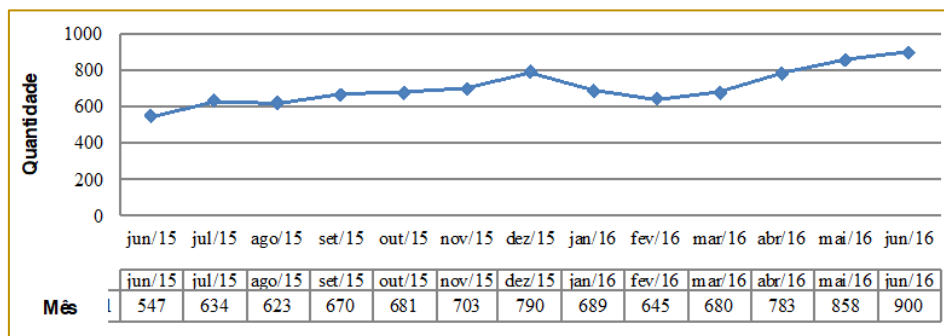
Por fim, através de modelos matemáticos adequados foi possível calcular as previsões de demanda para cada produto e realizar uma análise crítica sobre os valores encontrados.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O objetivo do trabalho consiste em realizar previsões de vendas para três produtos de um laticínio. A partir da verificação das vendas dos produtos da empresa durante o período de Junho de 2015 a Junho de 2016 pôde-se selecionar três produtos com fases do ciclo de vida distintas.

O primeiro produto selecionado é o iogurte de morango. Com base nos dados analisados acredita-se que ele está na fase de crescimento, uma vez que o mesmo apresenta um comportamento de vendas crescente. O gráfico abaixo apresenta as vendas do produto.

Gráfico 1- Venda do iogurte de morango



Optou-se pelo uso do método de Regressão Linear Simples e a partir dos dados

relacionados à venda do produto foi possível se obter a equação 11.

$$Y = 581,92 + 21X$$

(Equação 11)

Os valores dos Coeficientes de Correlação ( $r$ ), Determinação ( $r^2$ ) e o Erro Padrão ( $S_y$ ) são apresentados na tabela abaixo:

Tabela 2- Coeficientes de Correlação, Determinação e Erro Padrão

Indicadores	Valores
R	0,83
r <sup>2</sup>	0,67
S <sub>y</sub>	170

Fonte: Autores (2016)

Com o uso da Equação 11 foi possível obter previsões mensais de vendas para o ano

seguinte. Tais valores são apresentados na tabela a seguir.

Tabela 3-Previsão de Demanda para o iogurte de morango

Mês	Limite Superior	Valor Central	Limite Inferior
jul/16	752	582	412
ago/16	773	603	433
set/16	794	624	454
out/16	815	645	475
nov/16	836	666	496
dez/16	857	687	517
jan/17	878	708	538
fev/17	899	729	559
mar/17	920	750	580
abr/17	941	771	601
mai/17	962	792	622
jun/17	983	813	643
jul/17	1004	834	664

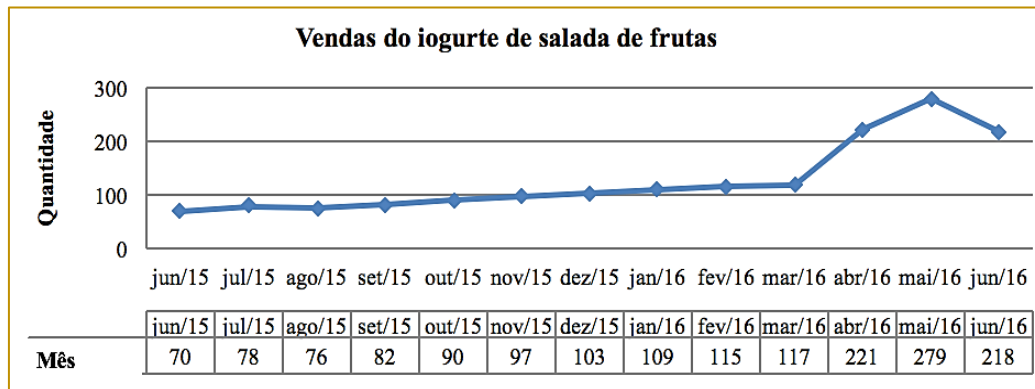
Fonte: Autores (2016)

Para este produto que se encontra na fase de crescimento, o método de Regressão Linear se mostrou satisfatório e adequado. Esta satisfação ao modelo pode ser comprovada por meio da análise do Coeficiente de Correlação, que apresentou um valor entre 0,8 a 1 indicando uma correlação muito alta das variáveis.

Para se ter uma melhor estimativa calculou-se os limites inferior e superior da previsão de demanda.

O segundo produto analisado foi o iogurte de salada de frutas. Por ser um produto que foi introduzido no mercado há pouco tempo e apresentar lento crescimento de vendas acredita-se que ele está na fase de introdução. Suas vendas podem ser observadas através do gráfico a seguir.

Gráfico 2-Vendas do iogurte de salada de frutas



Fonte: Autores (2016)

Para estimar a previsão de venda para este produto também foi utilizado o método de

Regressão Linear Simples. De acordo com esse método obteve-se a equação 12:

$$Y = 40,25 + 14,51X$$

(Equação 12)

Os valores dos Coeficientes de Correlação ( $r$ ), Determinação ( $r^2$ ) e o Erro Padrão ( $S_y$ ) são apresentados na tabela abaixo:

Tabela 4-Coefficientes de correlação, determinação e erro padrão

Indicadores	Valores
R	0,84
$r^2$	0,71
$S_y$	108

Fonte: Autores (2016)

Fazendo projeções mensais de vendas, obteve-se a relação dos resultados na Tabela 5.

De acordo com a análise para utilização de possíveis métodos verificou-se que o mais adequado à situação é o método de

Regressão Linear Simples, pois mesmo que o crescimento das vendas seja lento ele ocorre gradativamente. A eficiência dos dados pode ser comprovada devido à alta correlação obtida entre as variáveis.

Tabela 5- Previsão de demanda para o iogurte de salada de frutas

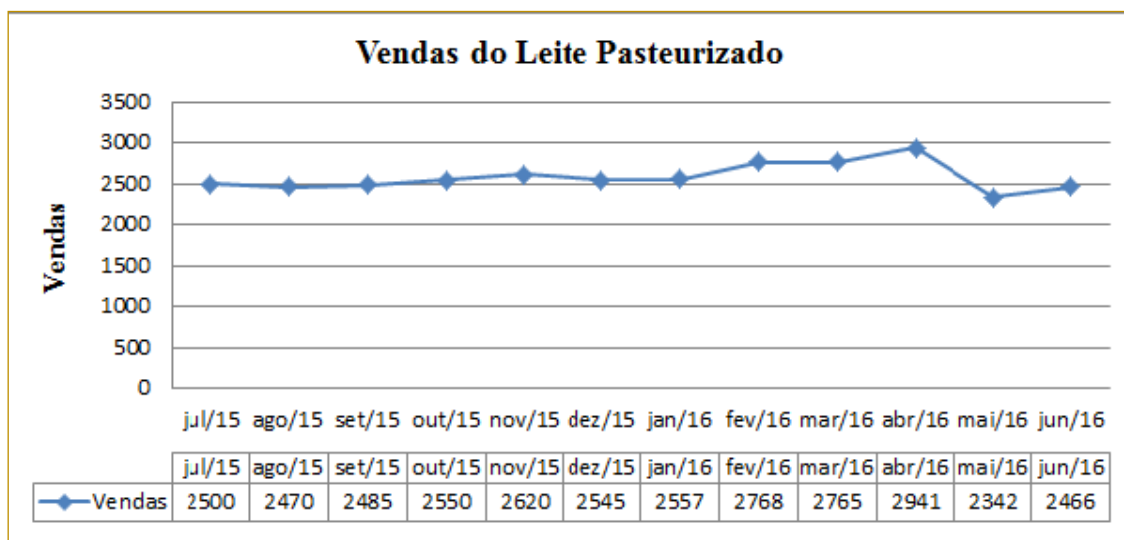
Mês	Limite Superior	Limite Central	Limite Inferior
jul/16	149	41	-67
ago/16	163	55	-53
set/16	178	70	-38
out/16	192	84	-24
nov/16	207	99	-9
dez/16	221	113	5
jan/17	236	128	20
fev/17	250	142	34
mar/17	265	157	49
abr/17	279	171	63
mai/17	294	186	78
jun/17	308	200	92
jul/17	323	215	107

Fonte: Autores (2016)

O terceiro produto analisado, é o Leite Pasteurizado. Acredita-se que este produto esteja na fase de maturidade, devido ao

comportamento de suas vendas que se apresentam de forma estacionária, como pode ser observado no gráfico abaixo:

Gráfico 3- Variação das vendas do leite pasteurizado



Fonte: Autores (2016)

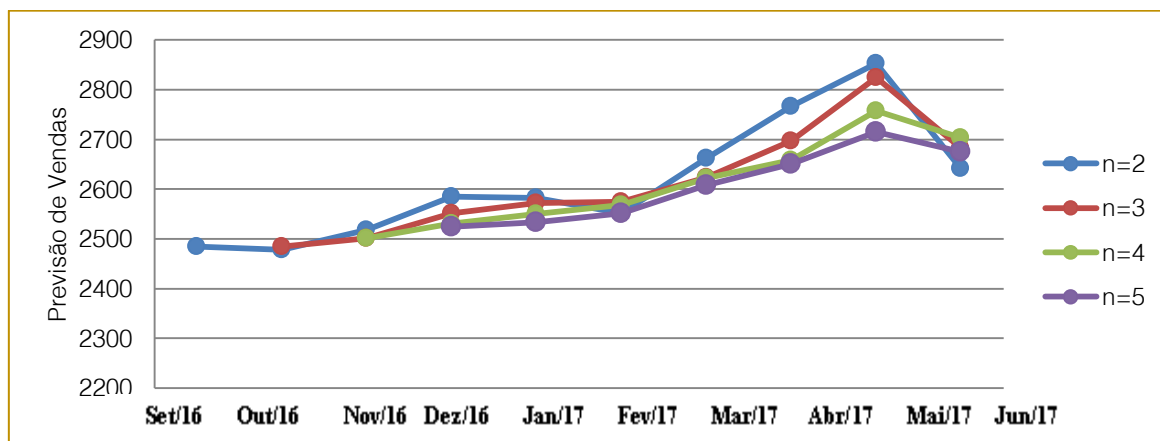
Para realização dos cálculos de previsão de demanda do leite pasteurizado, optou-se por utilizar o Método Estatístico da Média móvel Simples, pois trata-se de um método eficiente quando a demanda é estacionária, ou seja, quando ela varia em torno de um valor médio.

Os dados coletados são referentes ao período entre julho de 2015 a junho de 2016.

Calculou-se a previsão de demanda utilizando-se os valores  $n=2$ ,  $n=3$ ,  $n=4$  e  $n=5$ , conforme apresentado no gráfico seguinte:



Gráfico 4-Simulação da Média Móvel Simples



Fonte: Autores (2016)

Através da Simulação da Média Móvel Simples realizada para os determinados valores de  $n$ , pôde-se verificar que os melhores resultados são para  $n=5$ . Esse fato pode ser comprovado a partir de análises de

indicadores, os quais podem verificar a acuracidade de técnicas de previsão. Essas informações são estabelecidas na tabela a seguir:

Tabela 6-Resultados de indicadores para  $n=5$ 

Indicador	Valor
MAD	107,37
MSE	30853,25
Sinal de Monitoramento	12

Fonte: Autores (2016)

A Média Móvel Simples se mostrou bastante eficiente, uma vez que os resultados obtidos para previsão de demanda com  $n=5$  não sofreram variações significativas em relação à demanda real.

O laticínio em estudo não faz o uso de nenhum método estatístico para previsão de demanda, o que ocasiona a elevação de custos que podem estar relacionados a estoques estagnados por um grande período de tempo, mão de obra, matéria prima, entre outros.

Os métodos analisados para os devidos produtos devem ser implementados gradualmente na empresa estudada, já que a previsão de demanda é de suma importância para um bom planejamento.

## 5 CONCLUSÃO

Através da realização deste trabalho pôde-se verificar a importância da aplicação de métodos estatísticos para obtenção da previsão de demanda e preparação contra eventuais acontecimentos, uma vez que alguns fatores como a saturação do mercado e o comportamento dos concorrentes podem comprometer as vendas de uma empresa.

O presente estudo foi de extrema importância, pois permitiu validar a conformidade dos métodos estatísticos utilizados aos produtos determinados e principalmente pela possibilidade de instruir a empresa a adotar esses métodos, já que a mesma não faz o uso de nenhuma técnica de previsão.

Sendo assim, a execução de métodos de previsão de demanda permite a empresa melhor se direcionar na sua produção e nas suas vendas, reduzir seus custos, controlar de maneira eficiente seus estoques, além de uma série de outros itens necessários.

## REFERÊNCIAS

- [1]. BUSSAB, W. Análise de variância e de regressão. S. Paulo: Atual, 1998.
- [2]. FILHO, E.R. Projeto do Produto - Apostila. 8ª Ed. Belo Horizonte: LIDEP/DEP/EE/UFMG, 2006.
- [3]. FONSECA, J. J. S. Metodologia da pesquisa científica. Fortaleza: UEC, 2002. Apostila.
- [4]. KAIO, R. O que é o Ciclo de Vida do Produto. Disponível em: <<http://ramonkayo.com/conceitos-e-metodos/o-que-e-o-ciclo-de-vida-do-produto-cvp>> Acesso em: 24 jun. 2016.
- [5]. KOTLER, P. Administração de marketing. São Paulo: Ediar, 1991.
- [6]. KOTLER, P.; ARMSTRONG, G. Princípios de Marketing. 12 ed. São Paulo: Prentice-Hall, 2007.
- [7]. LUSTOSA, L. et al. Planejamento e Controle da Produção. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.
- [8]. MOREIRA, D. A. Administração da produção e operações. 2. ed. rev. e ampl. São Paulo: Cengage Learning, 2014.
- [9]. RITZMAN, L. P.; KRAJEWSKI, L. J. Administração da produção e operações. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2008.
- [10]. VOLLMANN, T.; BERRY, W.; WHYBARK, D.; JACOBS, F. Sistemas de planejamento & controle da produção para o gerenciamento da cadeia de suprimentos. Porto Alegre: Bookman, 2006.

# Capítulo 3

## *PLANEJAMENTO OPERACIONAL EM MINAS A CÉU ABERTO: UMA REVISÃO TEÓRICO-CONCEITUAL*

*Ana Clara Soares Bicalho*

*Stella Jacyszyn Bachega*

*Rita de Cássia Pedrosa Santos*

**Resumo:** Um dos principais desafios durante o planejamento operacional de lavra na mineração é fornecer planos de lavra que sejam exequíveis e que levem em conta as mudanças operacionais em minas à céu aberto. Planos de lavra com baixa confiabilidade acarretam a tomada de decisões operacionais, intuitivas, prejudicando o atendimento das metas de longo prazo. O objetivo deste trabalho é realizar uma revisão teórico conceitual sobre o tema planejamento operacional em mina a céu aberto. Foi possível verificar a influência do sistema de despacho dentro do planejamento operacional de lavra, juntamente com os indicadores de desempenho utilizados para avaliar os índices de aderência e cumprimento de lavra, validando, assim, a viabilidade do planejamento operacional de lavra, juntamente a sua eficiência para suporte na agilidade à tomada de decisões em minas à céu aberto.

**Palavras-chave:** planejamento operacional; minas a céu aberto; revisão teórico-conceitual.

## 1 INTRODUÇÃO

O cenário econômico mundial tem se mostrado cada vez mais competitivo, em busca de redução de custos, aumento de produção e eficiência, sem comprometer a qualidade e a segurança nas operações. Nessa perspectiva, a tomada de decisão entra como importante fator de auxílio aos gestores das empresas, seja em âmbito financeiro, seja operacional [1].

Nesse cenário, as empresas têm buscado métodos e técnicas que contribuam para seus tomadores de decisão. Com o avanço dos recursos tecnológicos e a automatização dos processos operacionais houve a necessidade de garantir e mensurar indicadores operacionais positivos e sustentáveis, por meio da aplicação de técnicas de planejamento operacional e gestão do processo produtivo. Foram desenvolvidos a partir da necessidade de otimizar as operações, vários programas e modelos que auxiliam na tomada de decisões na rotina dos trabalhos de alocação de equipamentos, a fim de melhorar o desempenho dos processos no setor mineral [2].

O planejamento de lavra se apresenta como uma das atividades mais importantes para previsão do ritmo produtivo do empreendimento, orçamentos e produção detalhada. As operações de lavra consistem em metas de produção executáveis e compatíveis com a capacidade do sistema. Partindo desse ponto, um plano de lavra deve contar com o auxílio de um sistema de simulação de operações que são criadas por meio da alimentação de um banco de dados onde devem ser registrados todos as atividades associadas ao ciclo produtivo. E então, são obtidos indicadores de produtividade horária das operações de carga e transporte, além da disponibilidade e utilização física das frotas, gerando os dados necessários para a elaboração de um plano mensal de lavra [3].

Durante a preparação de um plano de lavra, é necessário levar em consideração a oscilação de possíveis ocorrências que influenciam diretamente na produtividade horária dos equipamentos, como a variação da distância média de transporte (DMT), tempo de manobra, tempo de carregamento, e outras variáveis são desconsideradas. Assim, o plano de lavra não considera essas prováveis interferências que podem prejudicar sua efetividade, como possíveis reduções de DMT

e oscilações no tempo de ciclo, induzindo o processo a não realização das metas de produção previstas no plano [4].

Durante a rotina operacional das atividades de lavra é fundamental acompanhar o desempenho das operações realizadas durante o turno, analisando por meio de indicadores operacionais que medem a eficiência de um processo. Utiliza ferramentas como gráficos de controle, representando o perfil de perdas, trazendo informações das maiores perdas em horas ociosas, ciclo detalhado por equipamento com informações de tempos de carregamento, manobra, basculamento, velocidade média, distância média de transporte, fator caçamba, dentre outros. Por meio destes dados se monitoram a variabilidade e a estabilidade de um processo, analisando o rendimento operacional dos equipamentos. Esta análise é alcançada por meio dos indicadores operacionais, como a reconciliação, aderência nas lavras, relação estéril/minério, disponibilidade física, utilização dos equipamentos, produtividade, aderência econômica, entre outros [5].

No planejamento operacional, pode-se optar pelo uso da alocação dinâmica de caminhões em minas a céu aberto, visando a redução de ociosidade dos equipamentos de carga das filas geradas. Neste tipo de alocação há a necessidade de se utilizar sistemas de despacho, devido à complexidade envolvida no processo [5].

Com base neste contexto o presente trabalho tem como objetivo realizar uma revisão teórica conceitual sobre o tema planejamento operacional em minas a céu aberto, abordando técnicas e estratégias importantes dentro de um planejamento de lavra, com enfoque no sistema de despacho para alocação dinâmica de caminhões.

## 2 METODOLOGIA

O presente trabalho utiliza a abordagem de pesquisa qualitativa e o procedimento de pesquisa teórico-conceitual. A abordagem qualitativa foi empregada pela necessidade de se manter proximidade com o fenômeno observado. Ainda, deve-se pela forma como os dados coletados foram tratados [6,7].

Quanto ao procedimento de pesquisa, na pesquisa teórico-conceitual há reflexões baseadas em fato observado ou explicitado

pela literatura. Ainda, há a possibilidade de se fazer modelagem e simulação teórica e/ou a reunião de ideias e opiniões de vários autores [8]. Neste procedimento é realizado um levantamento bibliográfico para servir como base teórica para um novo estudo e que este também pode ser conhecido como revisão da literatura. Assim, no presente trabalho utilizou-se o referido procedimento almejando a pré-orientação teórica sobre o tema sistema de despacho em minas a céu aberto [9].

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nesta seção, são abordadas algumas considerações importantes para um planejamento de lavra em mina a céu aberto e os termos da literatura disponíveis sobre o assunto, como, o crescente uso do sistema de despacho nas mineradoras e variáveis que interferem no plano de lavra, bem como a importância da análise dos indicadores operacionais nesse contexto. Ainda é apresentado o processo técnico de planejamento de lavra e sua relação direta com o cumprimento dos planos de lavra e índices de desempenho dos equipamentos.

#### 3.1 PLANEJAMENTO OPERACIONAL DE LAVRA

A busca pelo aumento da produtividade e pela redução de custos tem sido crescente no setor mineral nos últimos anos, juntamente ao cenário atual do mercado mundial de bens minerais, que favorece e impulsiona o desenvolvimento e aprimoramento de ferramentas e métodos que contribuem a tomada de decisão na rotina das atividades de planejamento e operações na mineração [10].

A lavra em mina a céu aberto é considerada uma atividade de alto custo de investimento, fazendo do processo de tomada de decisão uma ação de elevada complexidade devido às variáveis estocásticas do sistema [11]. Com a demanda crescente das commodities no mercado e com a intensa industrialização, novas tecnologias, sistemas e softwares de avaliação de reservas e planejamento de lavra foram desenvolvidos, com contínua atualização e melhoria de desempenho para as operações monitoradas. Inúmeros softwares de planejamento de lavra, algoritmos de otimização de cava, avaliação geoestatística de depósitos, dimensionamento

e alocação de frota facilitaram e melhoraram o desempenho das operações na mineração mundial.

Mesmo com as vantagens e ganho em desempenho nas operações, grande parte das minas a céu aberto, não existe um planejamento adequado de acordo com o porte da operação e tamanho de equipamentos de perfuração, escavação, carregamento e transporte. Apenas algumas minas conseguem adequar essa relação, gerando ociosidade nas operações, atraso operacional, queda na produtividade e aumento dos custos variáveis das operações de lavra. Então, um pequeno erro no dimensionamento dos equipamentos pode levar a empresa a subestimar os mesmos, acarretando uma perda de produtividade e aumento de custos [12].

A escolha e a utilização dos equipamentos podem tornar a operação de lavra lucrativa ou se tornar inviável, ou em outros casos tornar uma operação insustentável. Para a escolha do tipo de equipamentos e sistemas a serem utilizados para o manuseio de minério, a média ou longa distância, deve ser analisado criteriosamente diversos aspectos que influenciam diretamente no processo, entre os quais, capacidade média, distância média de transporte, topografia do terreno, infraestrutura disponível na região, interferências com o meio ambiente, sazonalidade, condições climáticas e economia de mercado. Um dimensionamento otimizado da frota de equipamentos de lavra tem-se grande importância, já que os custos envolvidos, de capital ou de operação, constituem aproximadamente uma parcela considerável dos custos de uma mina [13].

Tem aumentado recentemente o número de estudos de métodos, técnicas e ferramentas para dimensionamento e seleção de equipamentos. A estimativa da capacidade de produção através dos indicadores de produção pertinentes a um processo e/ou operação específica vem sendo muito utilizados na indústria mineira, auxiliando na realização da estimativa e cálculo do dimensionamento da frota necessária para cumprimento de uma determinada meta de produção. Se utilizados de forma correta, estes indicadores de produção, podem estimar e relacionar, juntamente com o sistema de despacho, diferentes cenários de produção e custos e selecionar aquela opção

que potencialize os resultados da empresa [13].

Diante disto, a estimativa da capacidade produtiva com o uso de indicadores de produção é um método simplificado onde representa o desempenho das operações de lavra, possibilitando uma avaliação de diversos cenários com diferentes tipos e portes de equipamentos de transporte, a fim de analisar a viabilidade operacional do sistema de carregamento e transporte, tornando o processo de tomada de decisão sustentado à veracidade da operação, reduzindo os custos operacionais [10].

Diversas mineradoras segmentam o planejamento de lavra em longo prazo, curto prazo e sequência da produção. Não há uma definição formal para o planejamento de longo prazo. É comum o longo prazo dar ênfase a toda a vida de uma mina ou a maior parte dela. O planejamento de curto prazo descreve uma sequência de lavra que determina o que será lavrado mensalmente. A sequência de produção é geralmente usada na produção horária, turno a turno, ou seja, para períodos menores que um mês. Portanto, no sequenciamento de produção o minério lavrado é destinado a diferentes plantas para diferentes produtos [14].

Algumas pesquisas tratam o planejamento longo prazo como um processo para se determinar o melhor projeto ou sequenciamento de lavra. Quando um plano de lavra é elaborado espera-se que ele seja executado pela equipe de operação, pois o plano não executado pode prejudicar a estratégia de longo prazo definida pelo planejamento. O planejamento de longo prazo tem como objetivo determinar as reservas, elaborar o sequenciamento de lavra até a cava final, maximizando o retorno financeiro e a vida útil da mina [15].

O planejamento de médio prazo tem como função dividir os planos do longo prazo em planos anuais, em geral os próximos cinco anos [15]. O planejamento curto prazo integra os aspectos operacionais a começar dos planos de longo prazo de forma semestral, trimestral, mensal e semanal [3, 15].

São consideradas algumas regras básicas de movimentação de mina importante no planejamento de lavra [16]: i) movimentar a quantidade mínima de material; ii) movimentar material por uma menor distância possível; iii) movimentar material com a menor quantidade

de equipamento possível; iv) movimentar material com a menor quantidade de operador possível; v) movimentar material com o menor tempo possível.

A finalidade do planejamento de lavra é decidir e identificar quando e onde devem começar as operações de lavra minério ou estéril. O planejamento de lavra deve determinar o ritmo produtivo do empreendimento mineral assim como a escala de produção, salientando a oscilação de ocorrências que interferem na produtividade como disponibilidade física, utilização dos equipamentos, distância média de transporte, carregamento, descarregamento, tempo de manobra etc. [17].

Dentro do planejamento de lavra, é enfatizado a importância de se planejar, estudar e executar cuidadosamente a lavra a céu aberto, minimizando assim o custo unitário [14, 16].

Dentro do planejamento de lavra devem ser considerados alguns fatores principais [14]: i) naturais e geológicos como a topografia; ii) características metalúrgicas; iii) teores do minério, clima, ambiente; iv) econômicos como massa e teor do minério, custo operacional e investimento, taxa de produção, relação estéril minério; v) tecnológicos como o limite da cava, altura e ângulos de taludes, equipamentos.

### 3.2 DESAFIOS DURANTE O PLANEJAMENTO DE LAVRA

O setor mineral ainda está se recuperando de um conjunto de fatores críticos no mercado financeiro após o pico de commodities em 2011. Um cenário com condições voláteis de mercado, junto à escassez de recursos e legislações ambientais, com esses desafios enfrentados pela indústria de mineração forçou as mineradoras a repensar sua maneira de operar [18,19].

Foram analisados alguns dos principais desafios com os quais a indústria de mineração está lidando, como a volatilidade da economia de mercado, a escassez e qualidade dos recursos, a escassez e qualidade de mão de obra, e regulamento e legislação de recursos [19].

Quanto a volatilidade da Economia de Mercado boom global de commodities no início dos anos 2000 foi impulsionado principalmente pela rápida expansão da



economia chinesa. No entanto, como a economia chinesa se afastou gradualmente da manufatura intensiva em recursos, houve uma desaceleração no crescimento da demanda e conseqüente queda nos preços das commodities e nos lucros da mineração. O aumento na demanda por metais e minerais durante a primeira década do século encorajou investimentos maciços de capital para aumentar os volumes de produção. Uma proporção significativa de projetos iniciados durante os anos de expansão não atingiu a capacidade de produção até que os preços caíssem. As mudanças nas condições de mercado e o lento crescimento da demanda resultaram em um forte declínio nos lucros do setor de mineração [19].

No que tange a escassez e qualidade dos recursos, um dos principais desafios que a indústria de mineração enfrenta atualmente é a escassez de depósitos de minério de alta qualidade e novos depósitos existem principalmente em áreas remotas e de difícil acesso, com uma relação alta estéril minério (REM). Conseqüentemente, os custos, prazos e riscos associados ao desenvolvimento e operação de novas minas tem aumentado bastante. Muitas minas existentes estão sendo forçada a otimizar as operações e ter mais rapidez nas tomadas de decisões frente as mudanças, devido a extração de teores de minério mais baixos e maiores distâncias de transporte (DMT). À medida que os teores de minério diminuem, os custos de produção para cada tonelada aumentam significativamente. De acordo com um relatório do Fórum Econômico Mundial em 2017, o custo médio de produção de cobre aumentou em mais de 300% nos últimos 15 anos, enquanto o preço caiu 30% [19].

A escassez de mão-de-obra tecnicamente qualificada (incluindo projetistas, geólogos e engenheiros de minas) é uma das preocupações da indústria de mineração. Uma alta porcentagem de pessoas experientes na área e com muitos anos de empresa estão envelhecendo e saindo do mercado. E embora os trabalhadores experientes possam ter alto conhecimento na área, eles se sentem menos confortáveis em adaptar-se às inovações digitais e ao trabalho colaborativo. A escassez de trabalhadores qualificados para assumir trabalhos de mineração complexos pressiona a equipe existente a fazer mais com menos, reduzindo a produtividade dos funcionários e

aumentando os custos de retenção de talentos existentes [19].

Quanto ao regulamento e legislação de recursos, o nacionalismo de recursos refere-se às políticas e regulamentações impostas pelo governo de um país para maximizar os benefícios obtidos com os recursos naturais de um país, em detrimento de empresas privadas. No setor de mineração, isso pode variar de impostos crescentes, taxas de permissão, impostos de exportação etc. Embora esse não seja um fenômeno novo enfrentado pelo setor de mineração, ele vem aumentando devido à desaceleração econômica nos últimos anos [19].

As empresas de mineração também estão sujeitas a requisitos regulamentares mais rigorosos e mais dispendiosos em todas as áreas de operações. À medida que comunidades e grupos sociais continuam a levantar preocupações sobre o impacto ambiental das operações de extração e processamento, ganhar uma licença social para operar aumenta ainda mais os custos para as empresas [19].

Ao redor do mundo, especialmente no Brasil, não é possível conduzir novos projetos de mineração nos mesmos moldes praticados a 30 ou 40 anos atrás. Minas de classe mundial, voltadas para o mercado internacional, devem obrigatoriamente atender a uma série de procedimentos de qualidade, segurança, governança, eficiência das operações, reserva e recursos minerais. Projetos de mineração compatíveis com as respectivas operações e planos de lavra aderentes e exequíveis no âmbito técnico e econômico permeiam toda a cadeia de valor. Dessa forma um aspecto básico das cadeias de valor é o acompanhamento e análise de controle dos custos, tanto de capital quanto operacionais [20].

O efetivo controle na geração e gestão dos dados operacionais, associado ao banco de dados geológico, topográfico e de processos faz parte do chamado big data, big data é um termo utilizado para definir grandes e complexos conjuntos de dados gerados, a mineração de dados e big data estão sendo usadas para auxiliar nas tomadas de decisões baseado em dados. objetivo é extrair dados e transformá-los em informação útil, gerando valor para o negócio. Com a mineração de dados e big data as máquinas processam dados e as pessoas buscam soluções para os problemas usando a

informação gerada, e então com este banco de dados promove um novo processo de tomada de decisões, e, por consequência, exige elevados padrões de confiabilidade para os planos de lavra [21].

Sustentado nesta nova dimensão das técnicas de planejamento de lavra, diante dos projetos de mineração atuais, é indispensável conhecer os conceitos e inovações na área de planejamento de lavra. Os profissionais empenhados à projetos de mineração, gestão de operações mineiras e planejamento de lavra carecem de atualização frequente ciente que novas práticas vêm sendo implantadas na indústria com urgência nos últimos anos. Empreendimentos de médio e pequeno porte em médio prazo necessitam implantar novos procedimentos ligados ao planejamento de lavra [20].

### 3.3 TÉCNICAS ESTRATÉGICAS NO PLANEJAMENTO DE LAVRA

O princípio do sucesso na gestão de uma empresa de mineração, evidenciada pela competitividade presente na economia de mercado, está vinculada a eficientes métodos de auxílio a tomada de decisões estratégicas, as quais sistematicamente demandam significativos níveis de experiência prática e conhecimento científico. De uma maneira geral, a palavra estratégia implica, em processo, criatividade, equipe, flexibilidade e objetivos [22].

Os teores e propriedades físicas estão distribuídas, de uma maneira pouco consolidada por toda extensão do corpo mineralizado. Isto, frequentemente, dificulta considerações na sua categorização, descrição e previsão. A partir de informações normalmente escassas, projeções são realizadas sobre a composição, quantidade e disposição dos corpos mineralizados. As imprecisões e os riscos potenciais desta conjuntura, precisam ser compreendidas e suas consequências devem ser cuidadosamente gerenciadas [22]. Se por um lado, a tecnologia atual permite que sejam mais fáceis e rápidas a modelagem geológica e a criação de projetos de minas em três dimensões, esta também traz consigo os seguintes desafios para a criação de um adequado planejamento estratégico de lavra [22]:

A urgência de elaborar projetos que contenham mecanismos que assegurem a

devida representatividade dos fundamentais componentes críticos envolvidos (técnicos, econômicos e operacionais);

A versatilidade necessária para adaptar as suas variações;

A agilidade de resposta para identificar, controlar, monitorar e apresentar soluções alternativas, caso estas sejam necessárias, independentemente de estarem estas associadas a distinção de valores entre os teores esperados e os teores reais, modificações da escala de produção, ou mesmo oscilações dos preços dos produtos.

Novas tecnologias têm sido amplamente reconhecidas como a chave para alcançar melhores índices de competitividade na indústria da mineração, garantindo, entre outros benefícios, a redução de custos, além de ganhos em flexibilidade e produtividade. Entretanto, o período para a aceitação e mesmo a capacidade de identificar e assimilar os benefícios oriundos de novas tecnologias é significativamente maior na indústria da mineração, em comparação com indústrias de outras atividades. Em grande parte, isto se deve à dificuldade de se avaliar projetos de naturezas tão distintas, que contêm índices de incertezas e riscos, incomuns em outras atividades industriais [23].

Dentro do processo de planejamento de lavra foi sugerido que deve ser desenvolvido segundo o enfoque de três horizontes distintos [24]:

Planejamento da vida da mina: representa o primeiro passo do processo de planejamento de lavra e visa os seguintes objetivos: definir o inventário das reservas lavráveis de minério, segundo os parâmetros econômicos assumidos; definir a capacidade de produção para a vida da mina remanescente; definir os requisitos de infraestrutura; determinar os custos de capital fixos e fornecer informações para tomadas de decisão estratégicas.

Planejamento de longo prazo: elabora a estratégia de lavra e operação, visando os seguintes objetivos: maximizar o retorno financeiro para os investidores; minimizar o risco para os investidores; e maximizar a vida útil da mina.

Planejamento de curto prazo: define uma restrição pelos objetivos do planejamento de longo prazo, onde se busca que os objetivos traçados no longo prazo possam ser



traduzidos para as bases mensais, semanais e diárias. Possui entre os principais objetivos: o controle de qualidade do material lavrado; o controle de custos; a utilização de equipamentos e a produtividade operacional.

Desde a Segunda Guerra Mundial e a partir da gradual redução das reservas mais acessíveis, contendo teores mais altos, a indústria da mineração vem sendo pressionada a ter que trabalhar com reservas contendo teores em declínio e com maior complexidade para a sua extração e beneficiamento [25]. As consequências desses desafios têm apresentado três aspectos da tecnologia mineral, se tornando cada vez mais críticos: i) aperfeiçoamento dos métodos de lavra; ii) tecnologia mais eficiente aplicada na recuperação metalúrgica; iii) planejamento estratégico de lavra mais sofisticado e abrangente.

No entanto, o planejamento estratégico de lavra consiste numa atividade que configura uma complexidade diretamente proporcional à sua importância, ou seja, advogam que um estudo amplo do planejamento de lavra abrange diversas questões e restrições [26]. Dentre estas, podemos relacionar: i) restrições da capacidade da usina de beneficiamento; ii) restrições geotécnicas; iii) restrições ambientais; iv) múltiplos destinos, com capacidades, taxas de produção e custos operacionais distintos; v) restrições de acessos e equipamentos; vi) pilhas de estocagem para acomodar múltiplos materiais; vii) preços variáveis dos produtos; viii) questões de mistura do material a ser lavrado, de modo a alcançar o teor objetivo para a alimentação da usina de beneficiamento; ix) incertezas na composição e quantidade do corpo mineralizado; x) variações dos preços dos produtos, entre outros.

A estimativa de lucro potencial de um investimento proposto para um projeto de mineração, particularmente no desenvolvimento de novos depósitos, vem gradualmente recebendo maior atenção por parte de investidores e acionistas. Deve-se se atentar que este tipo de empreendimento demanda o comprometimento irreversível de considerável montante de capital, um julgamento pouco aprofundado pode conduzir a uma grande perda financeira. Como consequência disso, os investidores buscam projetos que contenham estimativas de ganhos e riscos melhor elaboradas e mais

abrangentes, o que deve plenamente ser alcançado a partir de um bem elaborado planejamento estratégico da lavra [27].

Com o cenário no setor mineral de ampla competitividade e incertezas, a agilidade operacional e a capacidade de adaptação a mudanças, são reconhecidamente fatores críticos para o sucesso do empreendimento de mineração. A agilidade e flexibilidade deve ser parte integrante do projeto e planejamento de lavra. Possibilidades de melhoria na viabilidade e otimização das operações devem ser avaliadas e planos de contingências devem ser criados, onde sejam considerados necessários. A avaliação da flexibilidade operacional nas minas pode ser conduzida por meio da comparação de cenários diferentes, em que as consequências podem ser medidas para cada cenário específico, fundamentados na produção da mina e no conjunto de custos operacionais de cada cenário [28].

### 3.4 TOMADA DE DECISÃO

Um processo de decisão envolve a escolha entre, no mínimo, duas alternativas para a solução de um problema que terá consequências para o futuro, podendo ser: imediato, de curto prazo, longo prazo ou a combinação entre as anteriores. Para a tomada de decisão, a análise de cenários se faz necessária para avaliação de alternativas possíveis de serem implementadas de acordo com diferentes estratégias envolvidas na decorrência de sua aplicação. Como a elaboração de estratégias é, em sua essência, um processo que envolve consequências em várias áreas, elas devem ser avaliadas em diferentes e complexas áreas, tais como: tecnologias, humanas, sociais, econômicas, jurídicas, políticas e institucionais, que muitas vezes tratam de fatores tanto qualitativos (que dependem do julgamento do tomador de decisão) quanto quantitativos (que podem ser expressos em unidades de medida monetária, peso, volume, entre outros) [29].

Após as etapas de dimensionamento da frota necessária para movimentação da massa planejada a cada ano, estimativa dos custos operacionais e estratificação destes para melhor análise e comparativo dos cenários, cabe ao tomador de decisão a escolha do cenário mais economicamente viável, considerando e ponderando os riscos de

cada alternativa, como mudanças no cenário externo, possíveis perdas de produção no período de transição entre um processo e outro, erros de planejamento que possam acarretar aumento dos custos de produção, entre outros. É de extrema importância identificar, mensurar e analisar todos os riscos envolvidos na mudança de qualquer processo produtivo, para que se possam tomar as devidas ações mitigadoras [29].

### 3.5 SISTEMA DE DESPACHO

O transporte de minério é uma das atividades mais importantes na operação de minas a céu aberto [30]. As operações de transporte implicam grande investimento de capital e recursos [31]. O minério é transportado da mina até a britagem, e o estéril para os depósitos de estéril. O foco principal é otimizar essas operações de modo a minimizar os custos de deslocamento, como consumo de diesel, manutenção de equipamentos, uma vez que o custo está associado à distância média de transporte do local de origem do material, as figuras (frentes de lavra) demarcadas para lavar e seu destino final [32].

São utilizados os seguintes critérios no transporte de material por caminhões em minas a céu aberto: alocação estática e alocação dinâmica. Na alocação estática, os equipamentos de transporte têm uma trajetória fixa entre um ponto de carga e outro de descarga, ou seja, dessa forma ficam fixos a esses dois pontos no decorrer de dado período de tempo. Retratando agora a alocação dinâmica, os equipamentos de transporte não ficam alocados a um mesmo trajeto; dessa forma, caso aconteça alguma mudança na operação alterando o ponto de carga e descarga, o caminhão é colocado rapidamente para a nova rota Souza [33].

Ainda, a alocação estática é um método muito utilizado nas minerações de pequeno e médio porte devido a não ter a necessidade da implantação de um sistema automático de alocação, divulgado atualmente como sistema de despacho. Este recurso, entretanto, acarreta uma perda de produtividade devido à demora na tomada de decisão no decorrer das mudanças na operação, gerando filas de caminhões nas praças de carregamento e ociosidade dos equipamentos de carga [34].

O ganho com o uso do método da alocação dinâmica de equipamentos de transporte é

que com essa tática proporciona uma maior produtividade da frota e tomada de decisão de forma mais rápida e eficaz. Com o aumento de produtividade pode resultar em um aumento na produção da mina ou até mesmo influenciar no dimensionamento da frota. Com um sistema de despacho eficiente, junto a uma equipe de controle empenhada em utilizar o recurso nas frotas de equipamento pode se obter ótimos resultados relacionados a otimização das operações da mina. Esse método fornece o número de viagens e a produtividade efetiva por equipamento, em diferentes frente de carregamento, através de um sistema de comunicação entre os equipamentos da mina e uma central de comandos, onde são contabilizadas as ocorrências apontadas pelo próprio operador do equipamento no decorrer da operação. Para que o sistema de despacho seja eficiente é importante realizar treinamentos com a equipe envolvida antes da implantação, salientando a importância da colaboração de todos para o funcionamento eficiente do sistema, gerando as informações com precisão e confiabilidade, otimizando as operações da mina em tempo real [35].

### 3.6 INDICADORES DE DESEMPENHO

Indicador é o resultado de uma ou mais medidas, tornando possível avaliar a evolução das operações a começar dos limites estabelecidos. Diversos indicadores são necessários para conseguir avaliar o desempenho global ou atividade de uma empresa, pois o indicador a ser analisado representa uma parte da empresa [36]. Algumas pesquisas enfatizam a importância dos indicadores de desempenho, define como um agrupamento de medidas que gera informações a respeito do desempenho de processos e produtos, contribuindo na tomada de decisões. No entanto, a escolha dos indicadores a serem utilizados deve ser feita com atenção, pois são fundamentais para avaliar o desempenho do processo [37].

Estudos ressaltam a importância de se monitorar o desempenho de uma empresa por meio dos indicadores de desempenho, com a função de medir os resultados, para posterior comparação das metas aos possíveis desvios de performance [38]. É contínua a necessidade de gerir informações de performance e ainda serem capazes de realizarem o monitoramento. Tem sido crescente a uso de indicadores, elemento

essencial para analisar novos comportamentos de gestão e deve-se reconhecer que falar de desempenho refere-se a uma medição e utilização de indicadores [39]. Os mesmos auxiliam a gestão pela qualidade total como uma forma, não como um meio e através deles pode-se acompanhar os resultados alcançados no processo [40-41]. O passo inicial para se obter a excelência é determinar um sistema de análise com base em indicadores de desempenho [42].

Dentro dos indicadores de performance, são citados quatro tipos [43]: i) indicador chave de resultado (key result indicator - KRI); ii) Indicador de resultado (result indicator - RI); iii) Indicador de performance (performance indicator - PI); iv) Indicador chave de performance (key performance indicator - KPI).

Uma avaliação, programa ou plano de operação pode ser considerado um indicador. Ao escolhê-lo devem-se comparar os resultados realizados com os programados ou previstos e medir o desvio. Os indicadores são porcentagem de cumprimento real e porcentagem do desvio [44]. As características de um indicador devem ser: i) fácil identificação; ii) medição do que é importante; iii) fácil compreensão [41,44].

Estudos ressaltam a necessidade de determinar quais os indicadores de desempenho permitem medir a performance para o propósito da empresa, por referência de como está a gestão dos meios necessários para atingir esse objetivo [41,44]. Importante que os empregados sejam treinados e tenham conhecimento de todos os indicadores de desempenho utilizados na empresa [40].

### 3.7 INDICADORES CHAVE DE DESEMPENHO (KPI)

Os Indicadores chave de desempenho (KPI) são definidos como uma associação de medidas que sucedem sobre as variáveis do desempenho organizacional, que são os mais preocupantes para o êxito atual e futuro de uma empresa [43]. São variáveis métricas que devem viabilizar a conferência de melhorias nos processos por meio de medidas do desempenho no decorrer de processo, analisando os objetivos da empresa, alguns autores salientam esses indicadores como taxas, proporções, porcentagens ou médias, nunca são como somente números [45-48]. KPI é um conceito que se retrata nos

indicadores [50]. A sigla KPI tem origem no idioma inglês, mas está popularizada na mineração brasileira [45]. São os mais importantes indicadores definidos por uma empresa [38].

Os KPI não devem ser alterados com frequência. Qualquer mudança ocorrerá quando a empresa está se aproximando da realização da meta ou quando forem alterados os seus objetivos. Todos os resultados dos KPI são comparados às metas e daí calculam-se as variações e os resultados visualizados em gráficos. Estes devem ser de fácil acesso aos funcionários da empresa divulgando semanalmente ou mensalmente [47].

Algumas unidades da mineradora Vale em Minas Gerais monitoram os indicadores de performance em áreas como manutenção de equipamentos, planejamento de lavra, beneficiamento de minério, saúde e segurança, operação de mina entre outras áreas [52]. Estes são classificados em KPI e PI de acordo com a sua relevância. PI é uma medida importante de gestão, mas não é chave para o negócio, sendo um complemento para o KPI. As unidades de ferrosos próximas a Belo Horizonte controlam diversos tipos de indicadores que são separados por itens de controles e variáveis, estes sendo KPI ou PI [52]. Os controles feitos pela área de manutenção de equipamentos são disponibilizados em painéis de indicadores operacionais e cada KPI ou PI com a sua meta.

Os KPI e PI são divididos por tipos de indicadores [52]:

Operação (Disponibilidade física - DF): DF é o quociente entre a soma das horas trabalhadas e as horas paradas sobre o total de horas - de equipamentos de carregamento, perfuração, transporte e infraestrutura por equipamento. Esta medida é apresentada em porcentagem.

Operação (Massa produzida de minério e movimentação total de mina em um mês): A medida é apresentada em toneladas. Esse controle afeta na remuneração variável.

São ressaltados outros controles com indicadores de desempenho feitos pela mineradora Vale em diversas áreas [52]:

Planejamento de lavra (Aderência ao plano anual, IA e IC; aderência ao plano mensal, IA e IC; minério liberado): medidas apresentadas

em porcentagem para as aderências e mês para o minério liberado.

Mina (movimentação total de mina; relação estéril minério -REM; distância média de transporte - DMT): medidas apresentadas em tonelada para a movimentação, tonelada por tonelada para a REM e quilômetro para a DMT.

Usina (massa produzida no beneficiamento tanto da mina quanto da barragem; recuperação em massa; compra de minério): medidas apresentadas em tonelada para a massa produzida e compra de minério e porcentagem para a recuperação.

Transporte (massa expedida): medida apresentada em tonelada.

### 3.8 APLICAÇÃO DO SISTEMA DE DESPACHO

Nesta seção será apresentada uma discussão sobre o uso do sistema de despacho, comentado ao longo do trabalho. Será abordada a aplicação dos sistemas de despacho usados em minas à céu aberto, suas bases e procedimentos para implantação na operação em mina à céu aberto, bem como os principais algoritmos dentro do sistema despacho.

Os cálculos internos computadorizados nos sistemas de despacho abrangem programação linear, um método matemático usado para solucionar uma variedade de problemas em várias áreas [54].

A área de aplicação de programação linear com êxito na mineração, tem sido nos desafios de blendagem/produção. Sugerem que a partir do momento que a técnica de blendagem for usada em uma mina, deve-se modelar matematicamente a situação com frequência para garantir a blendagem ótima [55]. Diversos autores vêm sugerindo algoritmos/metodologias para sistemas de despacho/controle de caminhões objetivando à otimização da produção nas minerações [54-69].

Foi apresentado um modelo de programação linear com intuito de otimizar a subsequência das operações em mina a céu aberto. Os autores afirmam que a programação linear tem sido usada para solucionar diversos problemas na mineração. A maioria das aplicações com êxito na indústria da mineração pode ser observada em problemas

de blendagem, porém com grande potencial para aplicações na programação da produção e no sequenciamento de lavra [57].

Com um cenário de uma operação diária de lavra, tem-se as informações referentes a quantidade de rotas possíveis que os caminhões podem seguir para as várias áreas de carregamento e depósito. Foi apresentado um sistema computadorizado de despacho que analisa as necessidades de alteração e rearranjo das rotas com o objetivo de otimizar a produção. Esse sistema considera o tempo de ciclo num sistema de alocação estática como a soma de: tempo de viagem do caminhão carregado, tempo de descarga, tempo de viagem do caminhão descarregado e tempo de carregamento do caminhão. Assim, a quantidade de caminhões necessários é dada pela divisão do tempo de ciclo pelo tempo de carregamento do caminhão, evitando assim horas de atraso operacional e filas de espera [54].

Alguns autores discorrem sobre os aspectos dos sistemas de despacho computadorizados em minas com objetivos de operação sincrônica, ou seja, que almejam resolver, simultaneamente, o problema da produtividade da frota de equipamentos. Seguindo a linha de abordagem desses autores, a aplicação da programação linear em sistemas de despacho é mais adequada quando a densidade é moderadamente constante para qualquer tipo de material e todos os caminhões têm a mesma capacidade. Relataram sobre um modelo baseado em dois passos – programação linear e programação dinâmica – implementado para controlar as operações no planejamento operacional [58].

No despacho a otimização por programação linear é dividida em duas partes: a primeira soluciona o problema de otimização geral, enquanto que a segunda potencializa a produção. Já a programação dinâmica segue o Princípio da Otimalidade de Bellman's, envolve, no caso de despacho de caminhões/escavadeiras, alocações ótimas de todos os caminhões que aguardam a ação de serem direcionados para uma escavadeira, atendendo ao ótimo previamente definido rotas selecionadas [58].

Sugeriram em pesquisas uma metodologia para solucionar o problema de despacho constituída em três fases: a primeira fase – escolha do equipamento – envolve a seleção da localização dos equipamento de carga,



escavadeira; a segunda – planejamento operacional – estabelece uma estratégia ótima (um plano de produção), para um certo período de tempo, solucionando um problema de rede com custos não-lineares associados ao tempo de espera de caminhões e equipamentos de carga e aos objetivos de qualidade, com a solução deste problema proporciona a especificação dos equipamentos de carga e trajeto dos caminhões; e a última fase – despacho – aloca cada caminhão, em tempo real, resolvendo um problema de atribuição [59].

Aplicaram a Heurística de Busca Tabu para solucionar um problema de despacho dinâmico de caminhões com diversas opções de origens e destinos. Retrataram sobre um algoritmo composto por duas fases para a aplicação em um problema real nas rotas dos caminhões durante os carregamentos. Na primeira fase, o algoritmo define a sequência de rotas usando um método de decomposição. Na segunda, as rotas iniciais são desenvolvidas usando um método de Busca Tabu, o qual é fundamentado em movimentos específicos de introdução e extração de arcos em um gráfico do problema, de modo a melhorar as rotas em cada passo. Os testes realizados expressaram que o algoritmo proporciona, rapidamente, resultados bem próximos do ótimo. Os autores indicaram que um dos pontos positivos deste algoritmo é a flexibilidade, possibilitando, entre outras, ações estratégicas como a mudança do ponto de origem de um veículo. Utilizando a mesma técnica, é provável adaptar o algoritmo para diferentes cenários. Assim, levando em consideração as frentes de lavras como as origens e o britador como o destino, o algoritmo pode ser moldado para a definição do despacho de caminhões sob a política de produtividade [60].

Estudos realizados por alguns autores demonstraram uma formulação conhecida como “Programação Linear por Metas”, que compreende dois critérios de otimização na função-objetivo: a maximização de um critério econômico e a minimização da soma dos desvios absolutos dos teores e das toneladas em relação a suas metas. Variáveis de desvio foram utilizadas para calcular penalidades ou premiações relacionadas ao não atendimento das especificações de qualidade. A vantagem desta programação, definida pelo método Simplex, considerada uma programação

linear clássica onde usaram função-objetivo secundária para reduzir a soma dos desvios absolutos das medidas individuais de qualidade, bem como das toneladas, quanto a um conjunto de objetivos [55].

Outros autores aplicaram um sistema de alocação dinâmica de caminhões objetivando minimizar a variabilidade dos teores dos minérios produzidos, viabilizando ganhos de produtividade no sistema de transporte da Mina do Pico do Itabirito. A atenção com a qualidade é fundamental nesta mina, devido à complexidade geológica da reserva da mesma [61].

Foi criado um método que pode ser marcado como um exemplo de teste de utilização dos dois critérios de despacho (qualidade e produtividade), porém, não leva em consideração as políticas simultaneamente. Uma condição assumida pelo sistema é que [61]:

a) Em áreas com controle de qualidade: o parâmetro de qualidade é um critério de decisão forte, que desconsidera qualquer outro. Assim, para essas áreas, o despacho é realizado de acordo com a política de qualidade. Em caso decisório, o tempo em fila, um dos fatores ligados diretamente a produtividade será considerado como critério de desempate. Persistindo a dúvida na decisão, o controlador do sistema determinará – entre tempo de ciclo total, prioridade de produção e melhor equipamento de carregamento para o caminhão a ser alocado – a sequência de fatores de desempate.

b) Em áreas sem controle de qualidade: ignora-se o parâmetro de qualidade, usando diretamente o Tempo em Fila. Em caso de empate, o despacho é definido utilizando o mesmo seguimento de decisão utilizado em áreas com controle de qualidade.

Modelos matemáticos foram demonstrados para o planejamento operacional de lavra de mina, baseando a qualidade do minério em cada frente, a relação estéril/minério desejada, a produção requerida, as características específicas dos equipamentos de carga e de transporte, e os fatores operacionais da mina, seus modelos definem o ritmo de lavra a ser implementado em cada frente de lavra, considerando a eventualidade de alocação estática e dinâmica dos caminhões. Contudo, somente no caso de alocação estática, em que os caminhões

atendem sempre à mesma frente, o modelo faz alocação dos caminhões à frente [65].

Um modelo de programação linear por metas foi considerado em uma pesquisa, alterando as restrições não-lineares por restrições lineares equivalentes, de forma a certificar a confiabilidade da solução gerada [67,55]. Esse modelo tem como objetivo resolver o problema de alocação de equipamento de cargas a frentes de lavra, o qual envolve os problemas de mistura de minérios e de alocação de equipamentos. Apesar do atendimento das metas de produção requeridas nos testes desse modelo, pode-se dizer que sua definição consiste, principalmente, na política de qualidade [67].

Estudos apresentaram um modelo parecido em 2004, porém usado à alocação estática de caminhões [69]. Este modelo, que também se constitui na política de qualidade, teve bons resultados quanto ao atendimento das metas de produção e qualidade, nos testes realizados, porém com uma pequena redução de produtividade, apresentando que é possível atingir as metas requeridas e otimizar as operações de transporte e carregamento [69].

Foi proposto juntamente com outros autores, modelos de programação matemática para o problema da blindagem de minério oriundo de diversas frentes de lavra, com alocação dinâmica e estática de caminhões, objetivando ao atendimento de metas de produção e qualidade, modelou o mesmo problema com uma metodologia de otimização baseada na meta heurística Método de Pesquisa em Vizinhança Variável. Por meio desse estudo, mostraram que a heurística desenvolvida é eficaz ao encontrar soluções finais de qualidade mais rapidamente que os métodos baseados em programação matemática [69]. Foi realizada uma revisão acerca das principais metodologias e estratégias utilizadas em sistemas de despacho de caminhões em minas a céu aberto. Os sistemas computadorizados de despacho estão em maior utilização, em minas a céu aberto, para melhorar a utilização e produtividade dos equipamentos [30-34].

Elaboraram uma revisão das principais estratégias utilizadas em sistemas computadorizados de despacho, analisando detalhes da formulação matemática de cada uma. Dividem os sistemas de despacho em

dois tipos: heurístico rule-driven, que despacha o caminhão com base em uma regra heurística; e plan-driven, que despacha o caminhão com base em programação matemática. Nesse trabalho, também retratam sobre o sistema comercial “dispatch” [70].

Fizeram uma pesquisa das principais estratégias (1-caminhão para n-equipamentos de carga; m-caminhões para 1-equipamento de carga; e m-caminhões para n-equipamentos de carga) utilizadas em sistemas de despacho de caminhões em minas de céu aberto, averiguando as vantagens e desvantagens de cada uma [30]. Foi realizado uma avaliação comparativa das inúmeras metodologias empregadas em tais sistemas, determinando as metodologias baseadas em Programação Linear e Dinâmica e em Heurística [32].

O sistema “dispatch”, desenvolvido pela Modular Mining Systems, este é um dos sistemas de despacho mais eficientes e utilizado em diversas minas a céu aberto [70-72].

O sistema de despacho, assim como a Modular Mining Systems, visa maximizar a produtividade com os equipamentos disponíveis ou minimizar os equipamentos necessários para atingir a produção desejada, de forma a minimizar as filas de caminhões nas carregadeiras e minimizar o tempo ocioso das carregadeiras (pode-se dizer que define o despacho de acordo com a política de produtividade), além de ajudar a atingir os objetivos de blindagem das operações. Para isso, o “dispatch” realiza um despacho dinâmico, com monitoramento constante da seleção da rota e da localização e do status do caminhão e da carregadeira [71-73].

Esse sistema objetiva maximizar a produtividade com equipamentos disponíveis ou minimizar o uso de equipamentos sem necessidade, otimizando assim as operações para atingir a produção orçada, minimizando filas de caminhões e ociosidade das escavadeiras. Utilizando o sistema de despacho, o motorista do caminhão solicita uma alocação no início do trajeto, ao iniciar as operações, e o sistema indica quando o caminhão chega e quando ele é carregado, através da apropriação do operador no sistema dentro do seu equipamento [71]. O “dispatch” utiliza uma lógica de alocação por programação dinâmica e consiste de três subsistemas: determinação do melhor

caminho para cada mudança na topografia, “Programação Linear” para cada alteração significativa nas variáveis dependentes das condições de tempo, e “Programação Dinâmica” para alocações em tempo real [73]. White [74] relatou melhorias em torno de 10% na produtividade das minas que implantaram o sistema “dispatch”.

A mineradora Copebrás, da CMOC (Chyna Molibdenum Corporation), Mina Chapadão, em Ouvidor (GO), possui 70% dos processos automatizados e terá 100% até 2019, incluindo as áreas de britagem, empilhamento e concentração. Na outra unidade da CMOC, na mineradora Niobrás, produtora de nióbio, parte este ano para a implantação e automação do sistema de despacho. Na mina de Vazante, teve a moagem e flotação automatizadas em 2006, a empresa já está em fase de validação de um projeto de gestão de ativos e monitoramento dos processos [74].

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante da competitividade do mercado econômico a busca por redução de custos e consequente melhoria nos resultados operacionais da empresa é uma necessidade constante. Mas a preocupação vai além, almejando também aumento de produção e eficiência operacional, não podendo comprometer a qualidade e a segurança nas operações. Sendo assim, novas metodologias são essenciais para alcançar este objetivo. Com base nisto o presente trabalho cumpriu o objetivo que coube em realizar uma revisão teórica conceitual sobre o planejamento operacional em minas a céu aberto abordando as técnicas e estratégias importantes para um planejamento de lavra, com enfoque no sistema de despacho, apontando a importância do conhecimento do processo e tomada de decisão baseada nos índices de performance (KPI).

Este trabalho descreveu pontos importantes para um planejamento de lavra em mina a céu aberto e os termos da literatura disponíveis sobre este assunto, apontando desafios e apresentando conceitos acessíveis as empresas para torna-las mais competitivas no mercado.

Muitos são os desafios atuais durante o planejamento de lavra onde tem-se a volatilidade da economia de mercado; escassez e qualidade dos recursos; escassez

de mão de obra qualificada além da regulamentação e legislação de recursos. Estes desafios provocam nas mineradoras a necessidade de se aproveitar às oportunidades oferecidas pelas tecnologias digitais para aumentar a produtividade e cortar custos. Sendo assim, a transformação digital tem um papel fundamental na sua solução destes desafios. Atualmente é indispensável conhecer os conceitos e inovações na área de planejamento de lavra para justificar projetos, estabelecer padrão de segurança, eficiência operacional e sustentabilidade.

Uma atividade de extrema importância nas operações mineiras é o transporte de minério, a qual incide grandes investimentos de capital e recursos. O estudo comparativo dos sistemas de alocação estático e dinâmico permite um entendimento de tendências dentro do processo. A alocação estática é um método ainda bastante utilizado nas minerações de pequeno e médio porte devido a não ter a necessidade da implantação de um sistema automático de alocação. No entanto, acarreta uma perda de produtividade devido à demora na tomada de decisão no decorrer das mudanças na operação, gerando filas de caminhões nas praças de carregamento e, também, ociosidade dos equipamentos de carga. Já o método dinâmico proporciona uma maior produtividade da frota e tomada de decisão de forma mais rápida e eficaz. Com o aumento de produtividade pode resultar em um aumento na produção da mina ou até mesmo influenciar no dimensionamento da frota.

O crescente uso do sistema de despacho nas mineradoras e suas variáveis interferem no plano de lavra, bem como a importância da análise dos indicadores operacionais dentro do processo. Diante disso a estimativa da capacidade produtiva com o uso de indicadores de produção é um método simplificado onde representa o desempenho das operações de lavra, possibilitando uma avaliação de diversos cenários com diferentes tipos e portes de equipamentos de transporte, a fim de analisar a viabilidade operacional do sistema de carregamento e transporte, tornando o processo de tomada de decisão sustentado à veracidade da operação, reduzindo os custos operacionais.

Para trabalhos futuros é importante que sejam feitos os estudos dentro da empresa



aplicando a teoria à prática. O que proporciona mensurar os ganhos em

produtividade e econômicos.

## REFERÊNCIAS

- [1]. HILLIER, F. S., LIEBERMAN, G. J., (2013) Introdução à pesquisa operacional. 9. ed. São Paulo: McGraw-Hill.
- [2]. RACIA, I.M., (2016) Desenvolvimento de um modelo de dimensionamento de equipamento de escavação e de transporte em mineração. Porto Alegre: Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul, 2016.
- [3]. RODOVALHO, E. C. (2013) Aplicação de Ferramentas de Simulação em Operações Mineiras para Determinação de Índices Operacionais Utilizados em Planos de Lavra Adaptados ao Estudo de Caso da Mineração Casa de Pedra - CSN. 2013. 111 p. Dissertação (Mestrado). Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto.
- [4]. MARIN, T., (2009) Impacto da Variabilidade Operacional na Execução do Plano de Lavra. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 88 p.
- [5]. COSTA, F.V., (2015) Análise dos Principais Indicadores de Desempenho Usados no Planejamento de Lavra. Departamento de Engenharia de Minas da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto, UFOP, Ouro Preto.
- [6]. BRYMAN, A., (1989) Research methods and organization studies. London: Uniwin Hyman, 224 p.
- [7]. CRESWELL, J. W., (1994) Research design: qualitative & quantitative approaches. London: Sage.
- [8]. BERTO, R. M. V. S.; NAKANO, D. N., (2000) Metodologia da pesquisa e a engenharia de produção. Produção. ano 5. v. 9, nº 2, p. 65-75, jul. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/prod/v9n2/v9n2a05.pdf>>. Acesso em: 11 nov. 2014.
- [9]. HEERDT, M. L.; LEONEL, V. (2007) Metodologia Científica e da Pesquisa: livro didático. 5 ed. Palhoça: UnisulVisual, 266 p.
- [10]. BORGES, T.C., (2013) Análise Dos Custos Operacionais De Produção No Dimensionamento de Frotas de Carregamento e Transporte em Mineração. Departamento de Engenharia de Minas da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto, UFOP, Ouro Preto.
- [11]. PINTO, E.B., (2007) Despacho de caminhões em mineração usando lógica nebulosa, visando ao atendimento simultâneo de políticas excludentes. Universidade Federal de Minas Gerais, 120 p.
- [12]. KOPPE, J., (2007) A lavra e a indústria mineral no Brasil-estado da arte e tendências tecnológicas. Tendências - Brasil 2015 - Geociências e Tecnologia Mineral, Parte II - Tecnologia Mineral, CETEM-Centro de Tecnologia Mineral, Rio de Janeiro.
- [13]. SILVA, V. C., (2009) Carregamento e transporte de rochas. Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto.
- [14]. HARTMAN, H.L; MUTMANSKY, J.M., (2002) Introductory Mining Engineering. John Wiley & Sons. 570 pág.
- [15]. SOUZA, R. A., (2013) Análise e Controle dos Índices de Aderência e Cumprimento para Planos de Lavra. 2013. 41 p. Universidade Federal de Goiás, Catalão.
- [16]. WEBER, K. J. (1990) Mine Capital and Operating Cost. In: KENNEDY, B. A.. Surface Mining, 2nd ed. Englewood: SME.
- [17]. CÂMARA, T. R., et al., (2014) Reconciliação: Ferramentas de Avaliação do Fator Mina / Usina. 8º Congresso Brasileiro de Mina a Céu Aberto / 8º Congresso Brasileiro de Mina Subterrânea. Belo Horizonte.
- [18]. CAMPOS, V. C., (1992) Controle de Qualidade Total. Belo Horizonte: FCO.
- [19]. NIJU, B., (2017) Top 4 Challenges Facing The Mining Industry Disponível em: <<https://www.rapidbizapps.com/top-4-challenges-facing-the-mining-industry/>> Acesso em: 06 de abril de 2018.
- [20]. RODOVALHO, E.C., (2017) O protagonismo do planejamento de lavra nos projetos de mineração do século XXI. Disponível em: < <http://www.institutominere.com.br/blog/o-protagonismo-do-planejamento-de-lavra-nos-projetos-de-mineracao>> Acesso em: 06 de abril de 2018.
- [21]. SANTANA, F., (2017) Mineração de Dados. Disponível em: <http://minerandodados.com.br/index.php/2017/02/08/oque-big-data-mineracao-de-dados/> Acesso em: 05 de abril de 2018.
- [22]. SILVA, N. C. S., (2008) Metodologia de planejamento estratégico de lavra incorporando riscos e incertezas para a obtenção de resultados operacionais. Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo-Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.
- [23]. Dessurealt, S.; Scoble, M.J., (2000) Capital Investment Appraisal for the Integration of New

Technology into Mining Systems. In: Trans. Instn Min. Metall. (Sect.A: Min. technol.), 109p.

[24]. STEFFEN, O., (2005) Planning of Open Pit Mines. In: Australian Centre for Geomechanics., CSIRO, Curtin University and University of Western Australia, Austrália.

[25]. JEREZ, R.; Featherstone, R. & Scheepers, L.; Strategic., (2003) Planning Model using Mathematical Programming Techniques. In: Canadian Institute of Mining, Metallurgy and Petroleum (CIM).

[26]. GOODWIN, G.C.; SERON, M.M.; MIDDLETON, R.H.; ZHANG, M.; HENNESSY, B. F.; STONE, P.M.; MENABDE, M., (2006) Receding Horizon Control Applied to Optimal Mining Planning. In: Centre for Complex Dynamic Systems and Control, School of Electrical Engineering and Computer Science, The University of Newcastle, Callaghan, Australia.

[27]. Mohnot, J.K.; Singh, U.K.; Dube, A.K., (2001) Formulation of a Model for Determining the Optimum Investment, Operating Cost and Mine Life to Achieve Planned Profitability. In: The Institution of Mining and Metallurgy, London, UK, A129-A132.

[28]. Kazakidis, V.N.; Scoble, M., (2003) Planning for Flexibility in Underground Mine Production Systems. In: Mining Engineering magazine 55 Number 8.

[29]. GOMES, L. F. A. M.; GOMES, C. F. S. & ALMEIDA, A. T., (2009) Tomada de decisão gerencial: enfoque multicritério. 3 ed. São Paulo: Atlas.

[30]. ALARIE, S., GAMACHE, M., (2002) Overview of Solution Strategies Used in Truck Dispatching Systems for Open Pit Mines. International Journal of Surface Mining, Reclamation and Environment, v. 16, p. 59-76.

[31]. MARAN, J., TOPUZ, E., (1988) Simulation of truck haulage systems in surface mines. International Journal of Surface Mining, v. 2, p. 43-49.

[32]. FEDER, G., (1983) On Exports and Economic Growth. Journal of Developing Economics, vol. 12, n. 1/2, fevereiro/abril .

[33]. SOUZA, M. J. F. COELHO, I. M., RIBAS, S., SANTOS, H. G., MERSCHMANN, L. H. C., (2011) A hybrid heuristic algorithm for the open-pit-mining operational planning problem. European Journal of Operational Research, v. 207, 1051 p.

[34]. RODRIGUES, L. F., (2006) Análise comparativa de metodologias utilizadas no despacho de caminhões em minas a céu aberto. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção - Escola de Engenharia, UFMG, Belo Horizonte.

[35]. WHITE, J. W.; OLSON, J. P., (1986) Computer based dispatching in mines with

concurrent operating objectives. Mining Engineering, v. 38, n. 11, p. 1045-1054

[36]. FERREIRA, A. B. H., (1986) Novo Dicionário Aurélio da Língua Portuguesa. 2ª ed. Rio de Janeiro: Nova Fronteira.

[37]. LIMA, H. M. R., (2005) Concepção e Implementação de Sistema de Indicadores de Desempenho em Empresas Construtoras de Empreendimentos Habitacionais de Baixa Renda. 2005. 171 p. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

[38]. CALDEIRA, J., (2012) Indicadores da Gestão: Key Performance Indicators. 1ª ed. Coimbra: Actual.

[39]. VOYER, P., (2006) Tableaux de Bord de Gestion: et indicateurs de performance. 2 éd. SainteFoy: Université du Québec.

[40]. MARTINS, R. A., COSTA NETO, P. L. O., (1998) Indicadores de Desempenho para a Gestão pela Qualidade Total: uma proposta de sistematização. Revista Gestão & Produção, São Carlos, v. 5, n. 3, 311 p.

[41]. PINHEIRO, J. P. C., (2011) Indicadores-chave de Desempenho (Key Performance Indicators) Aplicados à Construção: desempenho e benchmarking do sector. Instituto Superior Técnico - Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 121 p.

[42]. MONTENEGRO, I., (2007) Excelência Operacional: o desafio da melhoria contínua. São Paulo: Sobratema.

[43]. PARMENTER, D., (2010) Key Performance Indicators: developing, implementing and using winning KPIs. 1st ed. New Jersey: John Wiley & Sons.

[44]. ANABITARTE, A. S. (2001) Indicadores de Gestión y Cuadro de Mando. 1ª ed. Madrid: Díaz de Santos.

[45]. NADER, B.; TOMI, G.; PASSOS, A. O., (2012) Indicadores-chave de Desempenho e a Gestão Integrada da Mineração. Revista da Escola de Minas - REM, Ouro Preto.

[46]. ATOM SAIL., (2013). Disponível em <<http://www.atomsail.com/pt/o-que-e-kpi-saasatomsail.php>>. Acesso em: 29 mar. De 2013.

[47]. CAVAGNOLI, I., (2013) Gestão e Inovação. Indicadores de Desempenho (Key Performance Indicators-KPI). 2009. Disponível em: <<http://gestaoeinovacao.com/?p=1089>> Acesso em: 28 mar. de 2018.

[48]. COELHO, L. C., (2011) Logística Descomplicada. Indicadores de Desempenho Logístico (KPI). Disponível em: <<http://www.logisticadescomplicada.com/indicadores-desdesempenho-kpi/>> Acesso em 20 mar. de 2018.

[49]. PETERSON, E. T., (2006) The Big Book of Key Performance Indicators. Disponível

em:<[http://design4interaction.com/wpcontent/uploads/2012/09/The\\_Big\\_Book\\_of\\_Key\\_Performance\\_Indicators\\_by\\_Eric\\_Peterson.pdf](http://design4interaction.com/wpcontent/uploads/2012/09/The_Big_Book_of_Key_Performance_Indicators_by_Eric_Peterson.pdf)> . Acesso em 4 nov. 2014.

[50]. SCHLÜTER, M. R., (2009) Indicadores Chave de Performance. Disponível em: <[http://www.intellog.com.br/site/default.asp?TroncoID=907492&SecaoID=508074&SubsecaoID=091451&Template=../artigosnoticias/user\\_exibir.asp&ID=461903&Titulo=INDICADORES%20CHAVE%20DE%20PERFORMANCE%20%u2013%20KPI%20%28parte%20%29](http://www.intellog.com.br/site/default.asp?TroncoID=907492&SecaoID=508074&SubsecaoID=091451&Template=../artigosnoticias/user_exibir.asp&ID=461903&Titulo=INDICADORES%20CHAVE%20DE%20PERFORMANCE%20%u2013%20KPI%20%28parte%20%29)>. Acesso em: 05 abril de 2018.

[51]. VALE, (2014). Disponível em <[www.vale.com](http://www.vale.com)>. Acesso em: 21 de dezembro de 2014.

[52]. SOUZA, G. P., (2014) Correio eletrônico, entrevista concedida a Flávio Vieira Costa. Brumadinho, Brasil, 11 de novembro.

[53]. BIRRO, G. M., (2014) Entrevista concedida a Flávio Vieira Costa. Correio Eletrônico, Itagibá, Brasil, 4 nov.

[54]. CHIRONIS, N.P., (1985) Computer monitors and controls all Truck-Shovel operations. Coal Age, 50-55 p.

[55]. CHANDA, E.K.C., DAGDELEN, K. (1995) Optimal blending of mining production using goal programming and interactive graphics systems. International Journal of Surface Mining, Reclamation and Environment, 9, 203-208 p.

[56]. HAUCK, R.F., (1973) A real-time dispatching algorithm for maximizing open-pit mine production under processing and blending requirements. Proceedings, Seminar on Scheduling in Mining, Smelting and Steelmaking.

[57]. GERSHON, M. (1982) A linear programming approach to mine scheduling optimization". Proceedings of the 17th Application of Computers and Operation Research in the Mineral Industry, 483-493 p.

[58]. WHITE, J.W., OLSON, J.P., VOHNOUT, S.I., (1993) On improving truck/shovel productivity in open pit mines. CIM Bulletin, 9, 43-49.

[59]. SOUMIS, F., ETHIER, J., ELBROND, J. (1989) Truck dispatching in an open pit mine. International Journal of Surface Mining, 3, 115-119 p.

[60]. REGO, C., ROUCAIROL, C. (1995) Using Tabu Search for solving a dynamic multi-terminal truck dispatching problem. European Journal of Operation Research, 83, 411-

[61]. EZAWA, L., SILVA, K.S., (1995) Alocação dinâmica de caminhões visando qualidade, VI Congresso Brasileiro de Mineração, 15-22 p.

[62]. ALVARENGA, G.B., Despacho ótimo de caminhões numa mineração de ferro utilizando algoritmo genético com processamento paralelo. (1997) Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

[63]. BONATES, E., LIZOTTE, Y., (1998) A combined approach to solve truck dispatching problems. First Canadian Conference on Computer Applications in the Mineral Industry, 403-410 p.

[64]. LI, Z., (1990) A methodology for the optimum control of shovel and truck operations in openpit mining. Mining Science and Technology, 10, 337-340 p.

[65]. PINTO, L.R., (2001) MERSCHMANN, L.H.C. Planejamento Operacional de Lavra de Mina usando modelos matemáticos. Revista Escola de Minas, 54:3, 211-214.

[66]. ZHANG, B.G., (2002) Dispatching algorithm in open-pit mine truck dispatching system. Metallurgy Mining, 315, 35-38 p.

[67]. COSTA, F.P., SOUZA, M.J.F., PINTO, L.R. (2004) Um modelo de alocação dinâmica de caminhões. Brasil Mineral, 231, 26-31.

[68]. TA, C.H., KRESTA, J.V., FORBES, J.F., MARQUEZ, H.J., (2005) A stochastic optimization approach to mine truck allocation. International Journal of Surface Mining, Reclamation and Environment, 19:3, 162-175 p.

[69]. COSTA, F.P., SOUZA, M.J.F., PINTO, L.R., (2005) Um modelo de programação matemática para alocação estática de caminhões visando ao atendimento de metas de produção e qualidade. Revista Escola de Minas, 58:1, 77-81.

[70]. MUNIRATHINAM, M., YINGLING, J.C., (1994) A review of computer-based truck dispatching strategies of surface mining operations. International Journal of Surface Mining, Reclamation and Environment, 8, 1-15 p.

[71]. ÇETIN, N., (2004) Open-Pit truck/shovel haulage system simulation. School of Natural and Applied Science of Middle East Technical University.

[72]. WANG, Q., ZHANG, Y., CHEN, C., XU, W. "Open-pit mine truck real-time principle under macroscopic control". Proceedings of the First International Conference on Innovative Computing, Information and Control, 2006.

[73]. WHITE, J.W., OLSON, J.P., VOHNOUT, S.I., (1993) On improving truck/shovel productivity in open pit mines. CIM Bulletin, 9, 43-49.

[74]. OLIVEIRA, T. (2017). Mineração Autônoma Disponível em: <<http://inthemine.com.br/site/mineracao-autonoma/>> Acesso em 04 abril de 2018.

# Capítulo 4

## *ANÁLISE DA AUTOMAÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO DO PETRÓLEO: UM ESTUDO DE CASO EM UM POÇO COM BCS*

*Gilberto Horácio de França*

*André Pedro Fernandes Neto*

**Resumo:** Este trabalho mostra a implantação da automação em um poço de petróleo que utiliza o bombeio centrífugo submerso (BCS) como método de elevação, em uma área de extração de petróleo terrestre de uma grande empresa petrolífera do país. O trabalho foi desenvolvido com o objetivo de comparar o processo antes e depois da implantação da automação e mostrar quais são as principais vantagens que podem ser obtidas com o uso da automação em processos de produção contínua. Também mostra como a automação ajuda a aumentar a produção de forma substancial. Um sistema supervisório foi desenvolvido com base nos dados necessários para um bom acompanhamento da operação do poço utilizando toda a estrutura existente para controle de outros processos já existentes, com isso o custo de implantação foi diminuído e o tempo de implantação reduzido. A implantação da automação no poço do estudo levou a empresa a um aumento da produção do petróleo, diminuição dos custos com mão-de-obra, garantiu um aumento de receita, além de aumentar a quantidade de variáveis monitoradas do processo.

**Palavras-chave:** Petróleo. Automação Industrial. SCADA.

## 1. INTRODUÇÃO

A crescente utilização do petróleo como fonte de energia é um dos fatores que tem contribuído para a evolução tecnológica industrial. Atualmente, com o advento da petroquímica, a utilização dos derivados do petróleo tornaram-se cada vez mais comum. Além disso, centenas de novos compostos utilizados diariamente passaram a ser produzidos, como plásticos, tintas, corantes, adesivos, solventes, detergentes, etc... Assim, o petróleo passou a ser indispensável às comodidades da vida moderna, além de ser utilizado como combustível (SOUZA, 2009).

O petróleo é extraído por equipamentos instalados nos poços em terra (*onshore*) ou no mar (*offshore*). O fato dos poços serem distribuídos geograficamente em grandes extensões e da sua produção exigir uma máxima continuidade operacional torna a automação uma ferramenta de fundamental importância, pois as empresas modernas têm na automação o suporte necessário para melhorar a utilização da matéria-prima, reduzindo os custos de produção, melhorando a qualidade dos produtos e desenvolvendo planos de manutenção que minimizem o número de paralizações do processo produtivo.

Segundo Assmann (2008), é de grande valor um sistema local de controle do processo de elevação do petróleo capaz de mantê-lo no ponto ideal de operação, identificando as descontinuidades operacionais e retornando rapidamente ao ponto de operação após uma perturbação de forma a recuperar a produção da forma mais rápida possível, bem como diagnosticar a causa de algum problema, transmitindo ao sistema de supervisão sinais de alerta a serem tomadas, tais como intervenção de limpeza, manutenção em equipamentos e outros.

Os sistemas supervisórios suprem esta necessidade, pois permitem coletar dados do processo, além de monitorá-lo e atuar sobre ele com algum controle em nível de supervisão. Segundo Alves (2005), os sistemas supervisórios tipo SCADA são destinados ao controle de processos onde predominam grupos de poucas variáveis contínuas e discretas, dispersos em uma grande área geográfica. Para executar essas tarefas o sistema supervisório deve utilizar algum sistema computacional, ou software de supervisão, que seja capaz de se comunicar

com o processo indiretamente através do hardware de controle.

Este trabalho descreve como foi implementada a automação do processo de extração do petróleo em poços, *onshore*, que utilizam o método do bombeio centrífugo submerso (BCS), de uma grande empresa de petróleo do país, a partir do sistema supervisório (SCADA) que empresa já possui, para permitir o monitoramento remoto destes poços.

## 2. OBJETIVO

Este artigo tem como objetivo geral descrever a implantação da automação no controle do processo de extração de petróleo dos poços que utilizam o bombeio centrífugo submerso (BCS) remotamente. Para isto, pretende-se delimitar quais as variáveis pertinentes ao processo que precisam ser monitoradas, bem como verificar os instrumentos necessários para coleta e transmissão dos dados das variáveis e por fim desenvolver uma interface na sala de controle da produção para o monitoramento dos poços à distância.

## 3. METODOLOGIA

A questão da pesquisa converge os esforços do trabalho no sentido de descrever o processo de automação para em seguida expor os benefícios oriundos de um processo com BCS. Para que fosse possível a mensuração de tais benefícios, foi essencial a abertura do processo em duas etapas e o fornecimento de informações de cunho reservado sobre o tempo acumulado de paralisação de produção e o *layout* do seu processo. O trabalho em questão trata-se de uma análise comparativa da automação sobre a produção de petróleo em um poço com BCS.

Miguel (2010), fala que o estudo de caso é um trabalho de caráter empírico que investiga um dado fenômeno dentro de um contexto real contemporâneo por meio da análise aprofundada de um ou mais objetos de análise. Então, para que seja feito um trabalho que utilize o estudo o autor tem que conhecer de forma ampla o tema a ser tratado.

A maior utilidade do estudo de caso é verificada nas pesquisas exploratórias. Por sua flexibilidade, é recomendável nas fases iniciais de uma investigação sobre temas

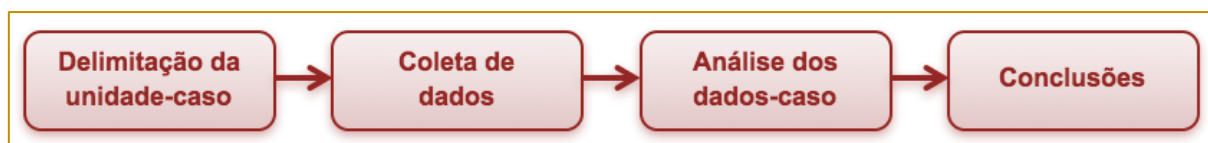


complexos, para a construção de hipóteses ou reformulação do problema. Também se aplica com pertinência nas situações em que o objeto de estudo já é suficientemente conhecido a ponto de ser enquadrado em determinado tipo ideal.

Conforme exposto, o estudo de caso caracteriza-se por grande flexibilidade. Isto significa que é impossível estabelecer um roteiro rígido que determine com precisão

como deverá ser desenvolvida a pesquisa, pois cada caso vai exigir uma estrutura apropriada. Miguel (2010) mostra um modelo a ser seguido para condução do estudo de caso com seis etapas. Mas neste trabalho estas seis etapas serão resumidas em apenas quatro: delimitação da unidade-caso, coleta de dados, análise e interpretação dos dados e conclusão do relatório, conforme figura 1 a seguir:

Figura 1: Estudo de caso no poço BCS



Fonte: Adaptado de Miguel, 2010.

## 4. EXTRAÇÃO DO PETRÓLEO

Até que seja possível extrair o petróleo do subsolo é preciso seguir várias etapas que garantem a existência de petróleo numa determinada região e viabilizam física e economicamente a extração do fluido. Alguns passos devem ser seguidos para extração, essas etapas consistem na prospecção do petróleo, perfuração dos poços, completação dos poços e aplicação dos métodos de elevação (THOMAS, 2004).

### 4.1. PROSPECÇÃO DO PETRÓLEO

A busca de novas jazidas de petróleo, chamada de programa de prospecção de petróleo, tem como objetivos fundamentais localizar dentro de uma bacia sedimentar as situações geológicas que tenham condições para a acumulação de petróleo e verificar qual, dentre essas situações, apresenta maior possibilidade de conter petróleo. A existência ou não de petróleo não pode ser prevista, porém é possível determinar regiões onde a probabilidade de existir seja maior. As regiões de provável acúmulo de petróleo são identificadas através de métodos geológicos e geofísicos. Assim, o programa de prospecção disponibiliza uma série de informações técnicas que indicam a localização mais propícia para a perfuração dos poços. É importante ressaltar que os custos com a prospecção são relativamente pequenos se comparados com os custos de perfuração, o que torna o programa de prospecção indispensável.

### 4.2. PERFURAÇÃO DE POÇOS

Com o auxílio das informações obtidas na fase de prospecção, são escolhidas as localizações dos poços que são perfurados utilizando-se um equipamento denominado sonda. No método de perfuração atualmente utilizado na indústria, chamado de perfuração rotativa, as rochas são perfuradas pela ação da rotação e peso aplicados a uma broca posicionada na extremidade inferior de uma coluna de perfuração.

Os fragmentos da rocha são removidos continuamente através de um fluido de perfuração ou lama. Ao atingir determinada profundidade, a coluna de perfuração é retirada do poço e uma coluna de revestimento de aço é descida no poço com objetivo inicial de evitar o desmoronamento das paredes do poço.

O espaço entre os tubos de revestimento e as paredes do poço são cimentados a fim de isolar as rochas atravessadas e garantir maior segurança na perfuração. Após a cimentação, a coluna de perfuração é descida novamente, agora com uma broca de diâmetro menor que a largura da coluna de revestimento, até determinada profundidade para a inserção de uma nova coluna de revestimento, de diâmetro menor que a anterior, procedendo-se a uma nova cimentação. Esse processo se repete até que seja alcançada a profundidade desejada para o poço. Assim, é possível perceber que o processo de perfuração se dá em diversas fases, caracterizadas pelo

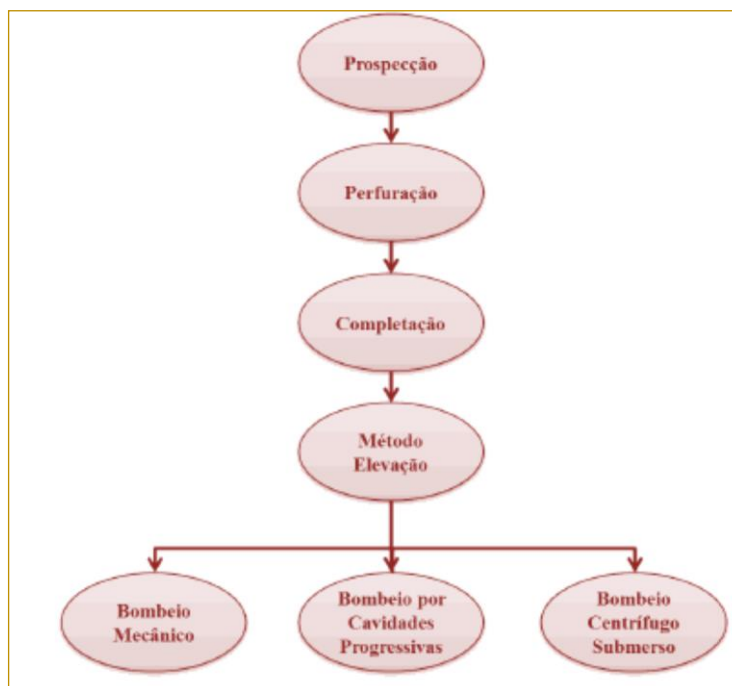


diâmetro das brocas de perfuração, que é reduzido em cada uma delas.

Segundo Thomas (2004), o poço de petróleo é uma amostra pontual das características da subsuperfície na área da pesquisa por petróleo. Para extrair o petróleo do subsolo é necessário seguir várias etapas que garantem a existência de petróleo numa determinada

região e viabilizam física e economicamente a extração do fluido. Alguns passos devem ser seguidos para extração, essas etapas consistem na prospecção do petróleo, perfuração dos poços, completação dos poços e aplicação dos métodos de elevação. A seguir a figura 2 identifica as etapas da construção de um poço.

Figura 2 - Etapas da construção de um poço



Fonte: autor

#### 4.3. APLICAÇÃO DOS MÉTODOS DE ELEVAÇÃO

Atualmente as empresas de petróleo usam três tipos de métodos de elevação por bombeio:

Bombeio Mecânico (BM);

Bombeio por Cavidades Progressivas (BCP);

Bombeio Centrífugo Submerso (BCS).

A escolha do tipo de bombeio fica por conta da característica do poço após a completação, pois os dados como vazão, pressão, o tipo do petróleo encontrado e a profundidade do poço. O BM é o mais utilizado por se enquadrar em quase todas as situações encontradas. A limitação do uso é em poços com profundidades maiores que 1 quilômetro, que apresentem muita areia no fluido extraído e também a presença de gás. O BCP é o segundo método mais utilizado, por não ter problemas com a presença de

areia nem com fluidos viscosos mas não podem ser utilizados em poços muito profundos e com altas vazões (THOMAS, 2004).

O Bombeio Centrífugo Submerso (BCS) é um método de elevação cuja aplicação teve início em 1928 e mostra-se desde então uma tecnologia viável e amplamente aplicada na produção de petróleo. A aplicação típica consiste de um motor elétrico de fundo, seção de selagem, seção de admissão da bomba, bomba centrífuga de fundo de múltiplos estágios, coluna de produção, cabo elétrico de subsuperfície e equipamentos de superfície, tais como caixa de junção, painel elétrico e transformador, ver figura 3.

O equipamento de fundo é instalado na extremidade da coluna de produção com o motor abaixo da sucção da bomba para que o fluido admitido sirva de fluido de refrigeração do motor. Por esta necessidade, este método de elevação não concorre, em condições

normais, com o bombeio mecânico e o bombeio de cavidades progressivas quando se trata de poços com baixa vazão, pois estes podem não fornecer convecção forçada suficiente para refrigerar o motor de fundo.

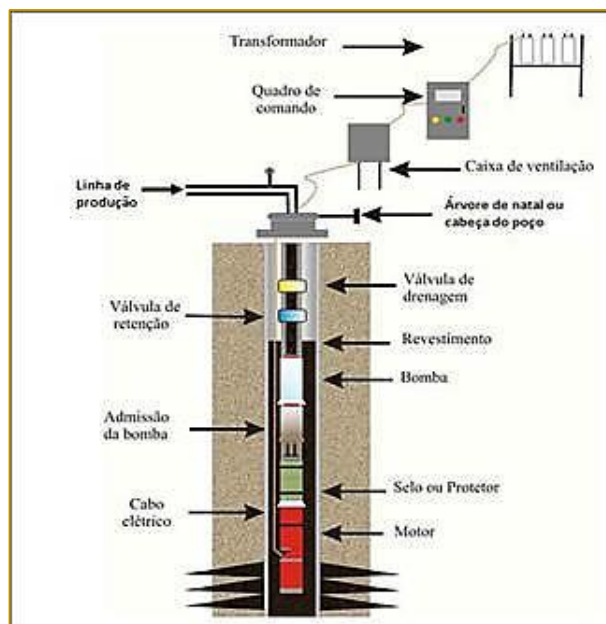
O método, da mesma maneira que os sistemas de elevação por ação de bombeio, tem limitações quando se trata de poços com quantidade significativa de gás ou de sólidos. Relativamente ao BCP, não consegue concorrer em eficácia quando se trata de poços com fluido de alta viscosidade ou de alto teor de areia. Sua aplicação é particularmente eficaz em poços desviados por independer de coluna de hastes, trabalhando com elevada durabilidade em

poços com alto *dog-leg* (cuvas ou juntas na coluna de produção dos poços).

O aspecto mais importante a se considerar no projeto, instalação e operação do sistema é relativo aos equipamentos elétricos e à sua temperatura de operação.

A figura 3 a seguir, mostra uma instalação típica, identificando o motor de subsuperfície, o protetor ou selo do motor, a admissão ou sucção da bomba, a bomba centrífuga composta de diversos estágios, o cabo elétrico chato, a árvore de natal ou cabeça do poço, linha de produção, caixa de ventilação, quadro de comando e transformador (ASSMANN, 2008).

Figura 3 – Esquema típico de instalação de um BCS.



Fonte: adaptado de Assmann, 2008

#### 4.4. EXTRAÇÃO DO PETRÓLEO POR BCS

Na completação do poço é definido qual tipo de método de elevação vai ser utilizado em função da profundidade do poço, vazão e a viscosidade do fluido, presença de areia e presença de gás. De acordo com Thomas (2004), a utilização do BCS está se expandindo na elevação artificial pela crescente flexibilidade e evolução dos equipamentos disponíveis para este método. Tanto em aplicações *onshore* como *offshore*, em condições adversas de temperatura, fluidos viscosos e ambientes gaseificados. Conforme outros métodos de elevação, o BCS também possui algumas limitações, por exemplo: poços com grande presença de areia não são indicados para o uso deste

método e sim mais aplicado ao BCP. O acionamento do BCS ocorre quando o quadro de comando ou painel elétrico é acionado, então um motor elétrico de subsuperfície transforma energia elétrica em mecânica e uma bomba centrífuga converte a energia mecânica do motor em energia cinética, elevando o fluido à superfície. Na superfície o fluido é transportado pela linha de produção até uma estação coletora de óleo para armazenamento e depois será transportado para o refino.

## 5. AUTOMAÇÃO DE PROCESSOS INDUSTRIAIS

Ocorreu uma verdadeira revolução tecnológica baseada na introdução em larga escala dos microcomputadores nos diversos processos produtivos. Os processos industriais, que eram acompanhados pelos operadores em grandes painéis contendo gráficos, instrumentos, botões acionadores e lâmpadas, passaram a ser monitorados através de telas de microcomputadores. Num segundo momento, os operadores passaram a operar as plantas através do teclado dos microcomputadores. Também os antigos instrumentos começaram a ser substituídos por outros contendo microprocessadores, que têm a mesma base dos microcomputadores, capazes de realizar tarefas e tomar decisões de forma automática, nascendo assim o conceito de automação industrial (ALVES, 2005). Para Lugli e Santos (2010), a utilização de todas estas ferramentas e métodos torna possível desenvolver sistemas de automação compostos por uma série de sensores, atuadores, controladores e outros dispositivos conectados entre si por uma rede, os quais cooperam para realização de tarefas. Isso traz uma série de vantagens quanto a confiabilidade, modularidade, facilidade de compreensão e custo em comparação com

sistemas centralizados anteriormente utilizados.

Entende-se por automação qualquer sistema, apoiado em computadores, que substitua o trabalho humano em favor da segurança das pessoas, da qualidade dos produtos, da rapidez da produção ou da redução dos custos, assim aperfeiçoando os complexos objetivos das indústrias (MORAES e CASTRUCCI, 2007).

Para Yamaguchi (2006), os sistemas automatizados de monitoração e controle modernos são constituídos por redes de comunicação, dispositivos de campo, diversos tipos de equipamentos e computadores.

Os processos automatizados utilizam técnicas que permitem, através do uso de controladores e algoritmos de controle, armazenar suas informações, calcular o valor desejado para as informações armazenadas e, se necessário, tomar alguma ação corretiva (SOUZA, 2005). Este artigo baseia-se na pirâmide da automação, ver figura 4, para explicar como é a integração dos dispositivos que formam a estrutura da automação e como ela foi implantada nos poços que utilizam BCS. Com isto foi possível integrar os dados gerados nos poços, com o sistema supervisão existente.

Figura 4: Níveis da Automação Implantada no BCS



Fonte: autor

### 5.1. SISTEMA DE PRODUÇÃO

Segundo (Moreira, 2001) sistema de produção se define como “conjunto de atividades e operações inter-relacionadas envolvidas na produção de bens (caso de indústrias) ou serviços”. Sistema de produção é uma unidade abstrata, porém é essencial para se ter uma idéia de totalidade de processo. Refere-se também a classificação dos sistemas de produção, podendo ser feita a partir do fluxo do produto, pois assim, facilitaria diversas técnicas de planejamento e

gestão da produção. Essas técnicas se encaixam em diferentes classificações dos sistemas de produção, e esses sistemas são divididos em três, tendo cada um sua particularidade e definição, e sendo eles:

- Sistemas de produção contínua: Os produtos geralmente são bastante automatizados e fluem de um posto de serviço para outro em uma sequência a pré-estabelecida, possuem um alto grau de padronização, os fluxos de produção deve

possuir etapas bem definidas para que uma etapa não retarde a outra.

- Sistemas de produção intermitente: A produção geralmente é feita em lotes ou bateladas, tendo que ocorrer o término de um processo para que outro possa começar a ser feito. Esse sistema é classificado intermitente por que outro produto toma o lugar nas máquinas sendo assim, o produto original só voltará a ser feito depois de algum tempo.

- Sistemas de produção para projetos: Nesse caso cada projeto é único, diferenciando-se bastante e/ou até totalmente do último não havendo ao certo um fluxo de produção, uma característica dos sistemas de projeto são os altos custos e complexo gerenciamento.

Para Gaither e Frazier (2007), a produção focalizada no produto também pode ser chamada de linha de produção ou produção contínua, pois os dois termos descrevem a trajetória do produto ao longo do processo. Na produção contínua o produto ou serviço tende a seguir a linha de produção de forma linear, sem sofrer grandes alterações ou interrupções em sua rota. Já na produção ou manufatura discreta, o produto se caracteriza por se manter único, distinto, como por exemplo, automóvel, máquina de lavar etc. Eles podem ser fabricados por lotes, o que exige a modificação do sistema caso outro lote entre no processo produtivo.

## 5.2. SISTEMA DE PRODUÇÃO AUTOMÁTICA

Para implementação da automação foram criadas telas no supervisório, com uso do software *Intouch*, versão 7.1, para permitir ao operador visualizar os principais dados do processo. A tela principal, figura 5, mostra uma relação de todos os poços da área geográfica onde foi implantada, com os seguintes dados:

Identificação de cada poço, pois cada poço recebe um nome que é um link para ver maiores detalhes de cada poço individualmente;

O relógio do CLP do painel elétrico do poço para facilitar o registro do momento da ocorrência de um evento;

Status da bomba, se ligada ou desligada;

Corrente média do motor;

Pressão da cabeça do poço;

Pressão da linha de produção;

Status da comunicação entre o CLP do supervisório (UTC) e o CLP do poço (Rede *Modbus*);

Matriz de causa e efeito que é um link para uma tela que mostra uma tabela com a explicação de cada conjunto de ações e suas consequências; e

Histórico dos eventos ocorridos nos poços que é um link para visualizar os todos os eventos ocorridos no poço.

Figura 5 – Tela do supervisório mostrando todos os poços de BCS automatizados.

RELAÇÃO DE POÇOS									
NOME	RELÓGIO DA UTR	STATUS DA BOMBA	CORRENTE MÉDIA	PRESSÃO DE CABEÇA	PRESSÃO DE LINHA	STATUS DE COMUNICAÇÃO		MATRIZ C X E	HISTÓRICO
						UTC	REDE MODBUS		
RFO-012	10:58:58	LIGADA	58 A	0,00 Kg/cm <sup>2</sup>	0,00 Kg/cm <sup>2</sup>	OK	COMM OK	OK	OK
RFO-14	10:59:30	LIGADA	29 A	0,00 Kg/cm <sup>2</sup>	0,00 Kg/cm <sup>2</sup>	OK	COMM OK	OK	OK
RFO-016	10:59:12	LIGADA	74 A	0,00 Kg/cm <sup>2</sup>	0,00 Kg/cm <sup>2</sup>	OK	COMM OK	OK	OK
RFO-032	10:58:48	LIGADA	54 A	0,00 Kg/cm <sup>2</sup>	0,00 Kg/cm <sup>2</sup>	OK	COMM OK	OK	OK
RFO-34	10:59:12	LIGADA	54 A	0,00 Kg/cm <sup>2</sup>	0,00 Kg/cm <sup>2</sup>	OK	COMM OK	OK	OK
RFO-037	10:59:02	LIGADA	25 A	0,00 Kg/cm <sup>2</sup>	0,00 Kg/cm <sup>2</sup>	OK	COMM OK	OK	OK
RFO-038	10:59:24	LIGADA	31 A	0,00 Kg/cm <sup>2</sup>	0,00 Kg/cm <sup>2</sup>	OK	COMM OK	OK	OK
RFO-039	10:59:14	LIGADA	66 A	11,60 Kg/cm <sup>2</sup>	0,00 Kg/cm <sup>2</sup>	OK	COMM OK	OK	OK
RFO-040	10:58:48	LIGADA	47 A	0,00 Kg/cm <sup>2</sup>	0,00 Kg/cm <sup>2</sup>	OK	COMM OK	OK	OK
RFO-041	10:59:32	DES-LIGADA	0 A	17,40 Kg/cm <sup>2</sup>	16,30 Kg/cm <sup>2</sup>	OK	COMM OK	OK	OK
JAN-005	10:58:50	LIGADA	37 A	0,00 Kg/cm <sup>2</sup>	0,00 Kg/cm <sup>2</sup>	OK	COMM OK	ERR NA RW	OK
POÇO-12									
POÇO-13									

Fonte: autor.

A coleta dos dados dos poços e a visualização na estação de operação só foi possível após a interligação dos sensores de fundo do poço, transmissores de pressão e o relé *UNICONN* montarem uma rede de campo interligados via cabos ao CLP. Este solicita e registra os dados destes elementos para quando um cliente solicitar uma informação ao CLP mestre, ele repasse este pedido para o CLP escravo do poço e retorne a informação ao cliente.

### 5.3. SCADA – SUPERVISORY CONTROL AND DATA ACQUISITION (AQUISIÇÃO DE DADOS E CONTROLE SUPERVISÓRIO)

Os sistemas de supervisão e controle comumente chamados de SCADA são sistemas configuráveis, destinados à supervisão, ao controle e à aquisição de dados de plantas industriais. O sistema SCADA foi criado para supervisão e controle de quantidade elevadas de variáveis de entrada e saída. Sua aplicação tem sido implementada tanto na área civil quanto na industrial. Esses sistemas visam à integridade física das pessoas, equipamentos e produção, consistindo muitas vezes em sistemas redundantes de hardware e meio físico (canal de informação) e permitindo pronta identificação de falhas. O SCADA permite a interação do operador com processo através de interfaces gráficas que permitem uma interação amigável. A base de hardware pode ser um PC comum, que facilita e otimiza os custos com hardware (MORAES; CASTRUCCI, 2007).

Um sistema SCADA pode ainda verificar condições de alarmes baseadas nestas variáveis, armazenando seus históricos em bancos de dados e envio mensagens de alerta por e-mail, por exemplo. Um sistema de supervisão é composto, basicamente, por um conjunto de sensores e atuadores, uma rede de comunicação, estações remotas para aquisição e controle, e uma estação de monitoramento central para distribuição dos dados SCADA. Os sensores são dispositivos conectados aos equipamentos controlados e monitorados pelos sistemas SCADA, que convertem dados físicos tais como vazão, pressão e temperatura, em sinais analógicos e digitais para estação remota. Os atuadores são responsáveis pela atuação direta sobre o processo físico, ligando e desligando equipamentos, se necessário.

O controle e a aquisição de dados se iniciam nas estações remotas, que são compostas pelos CLPs (Controladores Lógico Programáveis). Inicialmente é feita a leitura dos valores nos dispositivos que a eles estão associados para, em seguida, ser realizado o controle. A rede de comunicação é responsável pelo tráfego das informações a partir dos CLPs para o sistema SCADA e do sistema ao usuário. As estações de monitoramento central são as unidades principais dos sistemas SCADA, sendo responsáveis por recolher a informação gerada pelas estações remotas e agir em conformidade com os eventos detectados, podendo ser centralizadas num único computador ou distribuídas por uma rede de computadores, de modo a permitir o compartilhamento das informações coletadas (COSTA, SOUZA e MAITELLI, 2008).

### 6. COLETA DE DADOS

Os poços de petróleo trabalham de forma contínua, o que justifica a utilização da automação neste processo. A extração de petróleo dos poços demanda que seja feita uma coleta de dados, e esta era feita de forma manual, contando com apenas uma pessoa para acompanhar 11 poços distribuídos em uma área dispersa geograficamente, que variam de 1km a 20km de distância da sala de controle onde ficam os operadores.

A coleta de dados foi feita por meio de entrevistas com o supervisor da produção e tem o objetivo de avaliar as vantagens obtidas pelo poço com a instalação da automação, e confrontá-los com os resultados obtidos com o mesmo poço de forma manual, durante seu processo de produção de petróleo, a pesquisa teve como base os dados referentes ao segundo semestre de 2011, mais especificamente o mês de Agosto. Como propósito de calcular as receitas, mostrar como a produção foi aumentada e identificar quais os fatores que afetaram a disponibilidade do poço.

Disponibilidade é capacidade de um equipamento, mediante manutenção apropriada, de desempenhar sua função requerida em um determinado instante de tempo ou em um período de tempo predeterminado. Refere-se ao percentual de tempo em que a o poço esteve disponível para operar à plena capacidade. Para Slack, Chambers e Johnston (2008), a



disponibilidade é o grau em que a produção está pronta para funcionar.

Sendo obtido por meio da fórmula a seguir:

$$D = \frac{TMEF}{TMEF + TMDR}$$

D – disponibilidade do equipamento;

TMEF – tempo médio entre falhas;

TMDR – tempo médio de reparo.

## 6.1. CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO DE CASO

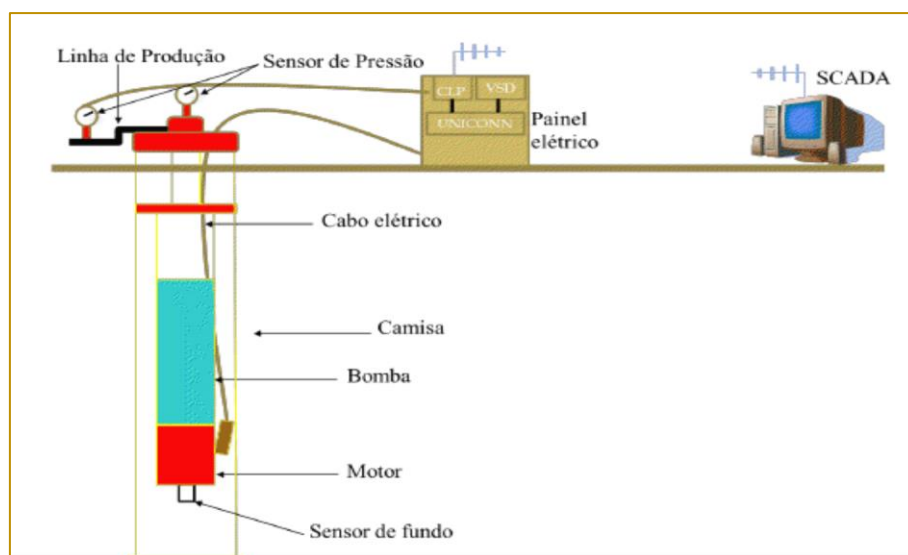
A pesquisa foi realizada em uma das unidades operacionais de extração de petróleo da PETROBRAS no estado do Rio Grande do Norte, na cidade de Mossoró. Esta cidade tem dois principais campos de produção de petróleo em terra: Canto do Amaro e Riacho da Forquilha. Estes campos são chamados de campos maduros, que são caracterizados pela redução do petróleo disponível, exigindo-se técnicas mais eficazes e poços cada vez mais profundos. O poço estudado fica no campo de produção de Riacho da Forquilha, onde a automação foi feita pela primeira vez. O poço disponibilizado para o estudo foi o RFQ-41 e trabalha com o BCS para extração do petróleo. O BCS é método mais adequado para poços com altas profundidades. Toda produção de petróleo destes campos são transportados via

oleodutos para uma refinaria para receberem o tratamento necessário para se tornarem produtos acabados. Os poços com BM e BCP já apresentam uma automação definida e implantada de forma bem intensa. Mas os poços com BCS o processo iniciou este ano. Por isso uma análise prévia em relação a esta implantação é importante, pois permitirá analisar os ganhos e melhorias que devem ser feitas para tornar o processo eficaz.

## 7. ANÁLISE E RESULTADOS

O início do processo é por meio de acionamento do painel elétrico deve ser acionado para que a energia elétrica possa acionar o motor no interior do poço. O motor faz com que a bomba mande petróleo para a superfície. O inversor de frequência (VSD) é responsável pelo controle da velocidade do motor e da bomba e tem uma pequena interação homem máquina para parametrização, o modelo do inversor utilizado nos painéis é o CFW-09 da WEG. A ligação do painel ao motor é feita através do cabo elétrico, que também liga os sensores de temperatura e pressão de fundo; estes sensores formam uma única peça acoplada conforme demonstrada na figura 6 para o processo de extração de petróleo por BCS do RFQ-41.

Figura 6 - Mapa do processo do poço RFQ-41 com automação.



Fonte: autor

O funcionamento automático do poço permitiu o monitoramento remoto de cinco variáveis a mais que da forma manual. O monitoramento do poço é feito por polling, que é a rotina de monitoramento que o servidor, através do

mestre, faz para coleta de dados de todos os poços durante todo período de operação. Esta rotina só é quebrada quando um usuário do sistema supervisor solicita alguma informação de um determinado poço. Usa-se



uma topologia tipo mestre escravo com tecnologia de comunicação com rádios analógicos do fabricante MDS, modelo 4710C, com velocidade de 9600bps e frequência de 450Hz. As taxas de transmissão variam em torno de 2-5kbs em intervalos de 8-12min, que é o tempo do *polling*.

O sensor de fundo de poço, os indicadores e transmissores de pressão da cabeça de poço e linha de produção são os sensores do sistema. Já o inversor de frequência e o relé *UNICONN* são os atuadores, pois com eles pode-se parar ou alterar dados do processo. O CLP é responsável pela integração dos sensores e atuadores compilação dos dados a serem enviados quando o mestre solicitar; e recebeu uma programação com uma rotina conforme mostrado na figura 5. Na sala de controle uma interface gráfica permite ao operador visualizar os dados online de

corrente, tensão, frequência, pressões, temperatura e se o poço estar ligado ou desligado. Como o *polling* é feito continuamente, a quantidade de dados coletados é muito grande e permite ao operador avaliar e criar um perfil de funcionamento do poço. O SCADA permitiu que dados de datas anteriores fossem consultados a qualquer momento sem dificuldades por causa do banco de dados criado para cada poço.

## 8. INTERPRETAÇÃO DOS DADOS

Na tabela 1 apresentam-se os dados coletados na empresa, objetivando a geração de gráficos para análises. A seguir foram resumidos os dados mais significativos para avaliar o processo.

Tabela 1 – Comparação de dados no poço manual (AA) versus poço automatizado (DA)

	Poço AA	Poço DA
Quantidade de variáveis monitoradas	1	6
Custos com mão de obra do operador por mês	4000	0
Produção m/mês	2400	3375,00
Disponibilidade do poço (%)	66,67	93,75
Receita (US\$/d)	8800	12375,00

Fonte: Autor

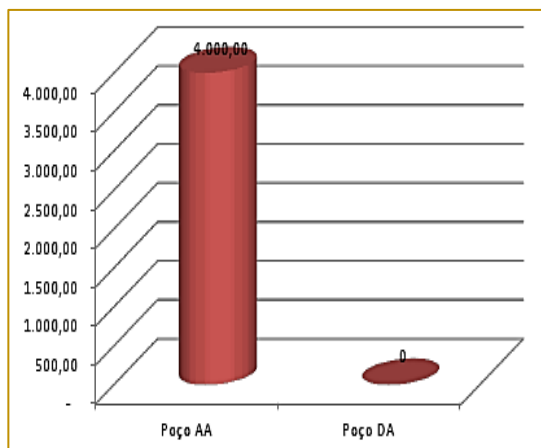
A automação do poço tornou possível monitorar remotamente um número maior de variáveis que são fundamentais para o processo de poços com BCS. Antes da automação apenas a pressão era a variável monitorada pelo operador do poço, que tinha que passar duas vezes por dia para anotar em uma planilha. Após a automação o operador não precisa sair da sala de controle da produção para ir ao poço verificar variáveis, pois agora é possível observar as variações de pressão na tela do supervisão. Além disso, outras variáveis como tensão e corrente do inversor do painel elétrico que alimenta o motor, pressão e temperatura do fundo do poço e por fim pressão da linha de produção e da cabeça do poço. Com o monitoramento remoto todos os dados gerados pelas variáveis puderam se transformar em informações para o setor de produção da empresa, pois agora eles tinham dados suficientes para analisar e planejar metas de produção e de atendimento as demandas de forma mais confiáveis. Se o

poço apresentasse algum problema que não fosse possível resolver na sala de operação, o operador aciona a manutenção para verificar o problema.

Observa-se no gráfico 1 que os custos com a mão-de-obra do operador foi eliminada, pois os dados que antes ele coletava estavam à disposição remotamente na sala da operação. Além disso, outras variáveis como tensão e corrente não tinha como ele conseguir manualmente porque não sabia operar o painel elétrico agora era possível de acompanhar. Bem como no gráfico 2 que, a relação entre a produção ideal e a produção efetuada de forma manual e produção ideal e a produção efetuada de forma automatizada do poço RFQ-41. Observa-se que sem automação o poço produz apenas 66,67% da sua capacidade ideal. Isto ocasiona uma perda de produção pelo tempo em que o poço durante a noite, de acordo com o supervisor da produção fica 8 horas parado, pois neste período o poço não é visitado. Já

com a automação a produção passa para 93,75% da capacidade ideal, pois na sala de controle da produção fica um operador de plantão, que monitora todo o sistema da área

Gráfico 1: Custos com o a mão-de-obra



Fonte: autor

Além disso, a receita no poço automatizado aumentou em torno de US\$ 107.250,00 em relação ao processo manual. Essa diferença faz a empresa ter ganhos substanciais a longo prazo e é resultado do aumento da produção.

## 9. CONCLUSÕES

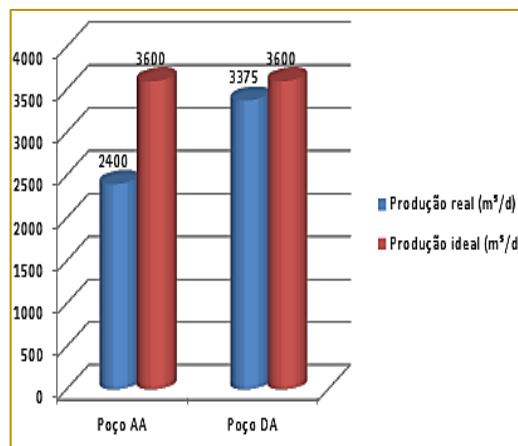
A análise dos sistemas supervisórios efetuados por meio de gráficos e indicadores de qualidade garantiu ao processo estabilidade, mais confiabilidade e redução dos custos com pessoal. A monitoração dos poços de petróleo que utilizam o BCS como método de elevação permitiu a empresa aumento da produção devido a o aumento considerável da disponibilidade do poço. Em relação à variável disponibilidade, verificou-se que o controle automático efetua ganhos em torno de 27% em relação ao controle manual.

## REFERÊNCIAS

- [1]. ALVES, J. L. L. Instrumentação, Controle e Automação de Processos. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos (LTC), 2005.
- [2]. ASSMANN, B. W. Estudo de Estratégias de Otimização para Poços de Petróleo com Elevação por Bombeio de Cavidades Progressivas. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2008.

coberta pelo sistema supervisório. Não tem como a produção ficar igual a ideal por perturbações e perdas inerentes ao processo.

Gráfico 2: Comparativo da produção



Fonte: autor

Um segundo benefício a ser considerado, após a integração do poço com a sala de controle, foi uma identificação mais rápida dos vazamentos, o que garante uma melhor solução para um dos maiores problemas no setor petrolífero, o desgaste ambiental, ocasionado quando acontece um derramamento de óleo nas áreas por onde passam os dutos ou linha de produção para escoamento do petróleo que ligam o poço a estação coletora de óleo. Se com a automação consegue identificar o vazamento de forma rápida e precisa, consequentemente soluciona-se o problema rapidamente, diminuindo assim o impacto ambiental.

Por fim, obteve-se um ganho na manutenção, pois com a automação foi possível desenvolver um planejamento para manutenções preventivas, o que não era possível antes da automação, pois só eram feitas manutenções corretivas após a visita do operador.

- [3]. COSTA, R. O.; SOUZA, R. B.; MAITELLI, A. L. Supervisão na Elevação Artificial: Uma Solução Aplicada com Sucesso em 3000 Poços de Petróleo. In: *Rio Oil & Gas Expo and Conference*, 2008.

- [4]. GAITHER, Norman; FRAZIER, Greg. Administração da produção e operações. São Paulo: Thomson Learning, 2007.

- [5]. LUGLI, A. B.; SANTOS, M. M. D. Redes Industriais para Automação Industrial: AS-I, PROFIBUS E PROFINET. 1ed. São Paulo, 2010.
- [6]. MIGUEL, P. A. C. *et al.* Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.
- [7]. MORAES, C. C.; CASTRUCCI, P. L. Engenharia de Automação Industrial. 2 ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos (LTC), 2007.
- [8]. MOREIRA, Daniel Augusto. Administração da produção e operações. São Paulo: Pioneira Thompson Learning, 2001.
- [9]. SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. Administração da Produção. 2 ed. São Paulo: Atlas, 2008.
- [10]. SOUZA, R. B. Uma Arquitetura para Sistemas Supervisórios Industriais e sua Aplicação em Processos de Elevação Artificial de Petróleo. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2005.
- [11]. THOMAS, J. E. Fundamentos de Engenharia de Petróleo. Interciência, 2004.
- [12]. YAMAGUCHI, M. Y. Sincronização das Bases de Tempode CLPs Distribuídos numa Rede de Automação de Processo Industrial. Dissertação de Mestrado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006.

# CAPÍTULO 5

## *ESTUDO DO REQUISITO DE USABILIDADE COM ENFOQUE EM SISTEMAS ERP PARA IMPLEMENTAÇÃO EM UMA BIBLIOTECA DE REQUISITOS*

*Roberta Alvarenga dos Santos*

*Mariana Abreu Gualhano*

*Bruno Lima Souza*

*Aline Pires Vieira de Vasconcelos*

*Rogério Atem de Carvalho*

**Resumo:** Com o rápido desenvolvimento das tecnologias de informação, a implantação de sistemas integrados de gestão (Enterprise Resource Planning - ERP) pelas empresas que desejam se desenvolver ou mesmo se manter dentro do mercado em que atuam, tem se tornado inevitável. É necessário selecionar um sistema ERP de forma que atenda ao máximo os requisitos da empresa, sejam eles funcionais ou não funcionais. O objetivo desse trabalho é elaborar uma proposta de engenharia de requisitos de sistemas, baseados na elicitação de requisito de usabilidade, considerando as suas diferentes taxonomias e a metodologia orientada a aspectos. Para tanto, pretende-se realizar um estudo do requisito de usabilidade (definição, especificação e avaliação), com enfoque em sistemas ERP, para implementá-lo na ferramenta FGR (Ferramenta de Gerenciamento de Requisitos). Verificou-se que o estudo e a escrita de bons requisitos podem auxiliar as organizações na aquisição mais eficiente de um ERP, e que após esse trabalho é possível implementar o requisito da usabilidade na ferramenta supracitada.

**Palavras-chave:** Sistemas ERP; Engenharia de Requisitos; Usabilidade.

## 1. INTRODUÇÃO

Considerando que a velocidade das mudanças no setor tecnológico mundial é elevada e a necessidade de adaptação a essas é cada vez maior, fica difícil imaginar uma empresa de médio e grande porte que não faça uso de algum Sistema de Informação (SI) automatizado e integrado para processar e gerenciar todos os dados relacionados ao seu negócio. Esses sistemas são conhecidos como sistemas integrados de gestão ou ERP (*Enterprise Resource Planning*).

No atual cenário de mercado, as empresas se deparam, no dia a dia, com uma série de desafios: aumentar a produtividade sem elevar os custos de produção, reduzir o estoque, gerir folha de pagamento, acompanhar os avanços tecnológicos do mercado, administrar o balanço financeiro, gerenciar em forma integrada e com facilidade as informações produzidas, e diversas outras dificuldades. No intuito de solucionar estes problemas aparecem os ERPs.

Os sistemas ERP fornecem suporte às regras de negócio, integrando os dados da empresa em um único banco de dados, mas o custo do investimento e a usabilidade são aspectos que devem ser considerados na implantação desse sistema. Carvalho e Campos (2009) afirmam que a seleção de um ERP é um processo complexo, uma vez que se trata de um importante componente empresarial que causa impactos financeiros e no entendimento da organização.

Monteiro (2007) ressalta que a decisão de implantar um sistema ERP deve ser fundamentada em um consistente estudo de viabilidade, conhecido como *business case*, o qual serve de apoio para a seleção do sistema. O conhecimento e análise do processo e o levantamento de requisitos são atividades essenciais para o sucesso da etapa de pré-implantação do sistema. Os sistemas ERP devem ser adaptados para requisitos, que podem ser alterados de uma empresa para outra e também estão sujeitos a alterações até mesmo dentro da própria empresa, de acordo com muitos fatores, tais como: processos de negócios, mudanças nas estratégias, usabilidade ou planos da empresa (ALI, NASR E GHEITH, 2016).

A engenharia de requisitos é uma das atividades críticas para o desenvolvimento bem-sucedido de sistemas de *software*. As

razões para isso, segundo Berenbach et al. (2009), são óbvias, pois se os requisitos forem inválidos, então mesmo na implantação mais cuidadosa o sistema não resultará em um produto que seja útil. Um requisito é uma condição ou capacidade que deve ter ou possuir um sistema, produto, serviço, resultado ou componente para satisfazer um contrato, padrão, especificação ou outro documento formalmente imposto. Requisitos incluem necessidades quantificadas e documentadas, desejos e expectativas de patrocinadores, clientes e outros *stakeholders* (ISO/IEC, 2010). Para Martins (2013), os requisitos definem as funcionalidades que o sistema deve fornecer e sob quais condições o sistema deve operar. Em outras palavras, podemos dizer que os requisitos são responsáveis por estabelecer as funções que o sistema deve possuir e as restrições que deve satisfazer.

Os requisitos representam a essência de um sistema de *software* e podem ser funcionais ou não funcionais. Um requisito funcional, segundo Dennis, Haley e Roth (2005), se relaciona diretamente a um processo que o sistema tem que executar ou às informações que ele precisa conter e fluem diretamente para as próximas etapas do processo de análise (casos de uso, modelos de processos e modelo de dados). De acordo com Pinto (2011), os requisitos não funcionais se referem às propriedades comportamentais que o sistema deve possuir como desempenho e usabilidade, e são usados principalmente na fase de projeto, quando são tomadas as decisões sobre a interface com o usuário, o hardware e o *software* e a arquitetura subjacente do sistema.

Para Ventura (2016), os requisitos não funcionais são tão importantes quanto os requisitos funcionais ou regras de negócio, e não considerá-los pode levar ao fracasso muitos projetos de *software* nas empresas. Uma das principais causas que justificam a pouca importância que esses requisitos têm na maioria dos levantamentos para implantação de um sistema é que as empresas/clientes não sabem o que é um requisito não funcional. Kanwal et al. (2015), afirmam que os requisitos não funcionais como parte da engenharia de requisitos, são definidos para especificar os atributos de qualidade do sistema a ser desenvolvido. Um desses atributos de qualidade é a usabilidade do sistema, que é a facilidade com que o usuário interage com a interface do sistema

para a realização de uma determinada tarefa. Para que um sistema ERP possua uma boa usabilidade, ele deve facilitar o processo de aprendizagem e atender as necessidades dos seus usuários, auxiliando-os a realizar as tarefas de forma objetiva e simples de acordo com os processos empresariais (MELO, 2015).

As empresas que desenvolvem um sistema ERP e os implementam em clientes com diferentes necessidades, se deparam, segundo Silveira (2006), com alguns problemas de engenharia de requisitos, como: conseguir que a informação de requisitos e suas configurações estejam facilmente disponíveis para suportar a tomada de decisões relativas à implantação do produto por parte do cliente.

A Ferramenta de Gerenciamento de Requisitos (FGR), desenvolvida em Gualhano, Medeiros Jr. e Vera (2015), possui implementada uma listagem de requisitos (biblioteca), construída a partir do uso da metodologia orientada a aspectos. A biblioteca em questão já tem cadastrado o requisito de segurança computacional e seus aspectos fundamentais, e carece do estudo, como também de cadastramento de outros requisitos.

De acordo com Sommerville (2011), um aspecto contém a definição de um ponto de corte e do adendo associado. Desta forma, aspectos tornam-se abstrações totalmente distintas de outras existentes, porque incluem formalmente a especificação das condições que devem estar associadas ao sistema.

Nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo elaborar uma proposta de engenharia de requisitos de sistemas baseados na elicitação do requisito de usabilidade, considerando as suas diferentes taxonomias e a metodologia orientada a aspectos. Em uma visão macro, pretende-se realizar um estudo do requisito da usabilidade (definição, especificação e avaliação), com enfoque em sistemas ERP, para implementá-lo na ferramenta FGR, com a finalidade de auxiliar as organizações na aquisição mais eficiente desse sistema.

## 2. OS SISTEMAS ERP E A USABILIDADE

Um sistema de informação é um conjunto de componentes interligados que coletam, manipulam e disseminam dados e

informações para proporcionar um mecanismo de realimentação para atingir um objetivo (STAIR, 1998).

Davenport (1998) afirma que o sistema ERP é um *software* que garante a integração das informações que fluem pela empresa. Esse sistema impõe sua própria lógica à estratégia, à cultura e à organização da empresa. É uma solução genérica que procura atender a todo tipo de empresa e seu projeto reflete uma série de hipóteses sobre como operam as organizações.

Segundo Quintale (2015), durante a implantação de um ERP o desenvolvedor focaliza a maior parte de seu empenho para garantir o comportamento correto do sistema e também que as informações se mantenham consistentes ao longo da utilização. Com isso, a interface e interação do usuário (usabilidade) são colocadas em segundo plano já que não impactam diretamente no comportamento funcional do sistema. De modo geral, a usabilidade está relacionada à análise da qualidade do sistema em promover o seu manuseio e sua aprendizagem pelo usuário.

O requisito de usabilidade é definido na NBR ISO/IEC 9126-1 como a “capacidade do produto de *software* de ser compreendido, aprendido, operado e atraente ao usuário, quando usado sob condições especificadas”. Segundo a NBR ISO 9241-11, “usabilidade é a medida na qual um produto pode ser usado por usuários específicos para alcançar objetivos específicos com eficácia, eficiência e satisfação em um contexto específico de uso”. Rocha e Baranauskas (2000) evidenciam que é preciso medir o impacto do sistema junto ao usuário, ou seja, sua usabilidade. Isso inclui considerar aspectos tais como: avaliar quão fácil é aprender a usar o sistema; a atitude do usuário com relação ao sistema; identificar áreas do design as quais sobrecarregam o usuário de alguma forma, por exemplo, exigindo que uma série de informações sejam lembradas.

Segundo Faisal et al (2011), pequenas melhorias na usabilidade do sistema ERP podem trazer grandes benefícios, incluindo economia de custos, redução de erros e treinamento, que suportam os usuários a aumentar sua produtividade com maior satisfação no trabalho. Os autores ressaltam que o objetivo básico da usabilidade é ter certeza de que o sistema funciona bem e um usuário com capacidade média pode



facilmente usá-lo ou operá-lo sem qualquer frustração.

A avaliação do requisito de usabilidade, de acordo com a NBR ISO 9241-11, é realizada por meio da eficácia, eficiência e satisfação. Na **eficácia** é avaliada a precisão com que os usuários atingem objetivos específicos, acessando a informação correta ou gerando os resultados esperados. Na **eficiência** é avaliada a precisão com que os usuários atingem seus objetivos em relação à quantidade de recursos gastos, e na **satisfação** é avaliado o conforto e aceitabilidade do produto, medidos por meio de métodos subjetivos e/ou objetivos.

É importante observar que o processo de implantação de um sistema ERP pode ser analisado sob dois aspectos distintos: do especialista e do usuário. A dificuldade é que a articulação dos dois ocorre em um nível muito superficial, pois o usuário final é visto como se fosse um especialista, confiando que um dia ele aprenderá a utilizar esse artefato independente da lógica subjacente a seu manuseio (ABRAHÃO; SILVINO; SARMET, 2005).

### 3. BIBLIOTECA DE REQUISITOS

A Ferramenta de Gerenciamento de Requisitos (FGR) é um sistema de gerenciamento de requisitos, desenvolvido por Gualhano, Medeiros Jr. e Vera (2015), que foi projetado com a finalidade de auxiliar os usuários no gerenciamento dos projetos, principalmente na fase de elicitação de requisitos.

Segundo Gualhano, Medeiros Jr. e Vera (2015), o sistema tem como objetivo prover aos usuários gerenciamento coletivo dos seus projetos na fase da elicitação de requisitos e tem em sua constituição um painel de gerenciamento das informações, na qual

pode-se criar usuários administradores e habilitar novas opções para os usuários comuns.

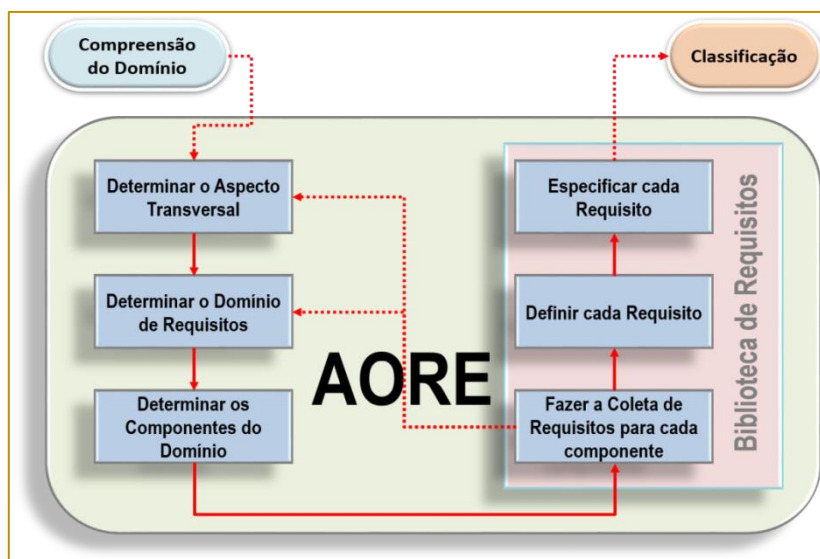
A ferramenta possui uma tela inicial, com uma interface simples que possibilita o acesso ao sistema, no qual é feito o cadastro do usuário. Dentre suas funcionalidades, a ferramenta possui uma área para gerenciamento de projetos, no qual o usuário tem a possibilidade de cadastrar projetos, incluir integrantes (pessoas já cadastradas na FGR) e gerenciá-los, e uma área para gerenciamento de requisitos, em que o usuário pode criar, editar e visualizar seus próprios requisitos, ou seja, os requisitos que não encontrar na listagem de requisitos (biblioteca).

A FGR possui implementada uma biblioteca de requisitos que já tem disponível o requisito de segurança computacional, em que são considerados os aspectos fundamentais da segurança: disponibilidade, confiabilidade e integridade para sistemas computacionais, utilizando a tecnologia de aspecto.

### 4. METODOLOGIA

Nesse trabalho a metodologia utilizada foi composta por três partes: Inicialmente, foi feita uma pesquisa bibliográfica relacionada com aspectos fundamentais de engenharia de *software*, engenharia de requisitos, sistema ERP e o requisito de usabilidade. Na segunda parte, foi escolhido o domínio ERP, e foram considerados os seus componentes, e a partir disto, iniciou-se o estudo do domínio (ERP), relacionado com o aspecto transversal (usabilidade). A metodologia de construção da biblioteca baseada em domínios e aspectos transversais foi a AORE (*Aspect Oriented Requirements Engineering*), utilizada em Gualhano, Medeiros Jr. e Vera (2015), adaptada de Sommerville (2011), a qual é apresentada na Figura 1.

Figura 1: Metodologia de análise de requisitos



Fonte: Elaboração própria.

A metodologia apresentada pode ser descrita da seguinte forma:

**Determinar o Aspecto Transversal:** Na primeira etapa, após a compreensão do Domínio (Sistema ERP), foi determinado o aspecto transversal utilizado em um domínio de requisitos. Se necessário, de acordo com a Figura 2, finalizando o processo, pode se escolher um novo aspecto transversal e iniciar novamente as etapas. Nesta proposta, foi escolhido como aspecto transversal o requisito de usabilidade para o Sistema ERP.

O domínio de requisitos é um sistema ou um conjunto de requisitos, que pode ser particionado em conjuntos menores e precisam ter as seguintes características: Ser completo e independente (a falta de qualquer componente do sistema torna impossível a existência do mesmo); Ser bem definido (é necessário que exista um esquema formal, no qual todos os componentes sejam bem definidos, possuam uma propriedade em comum (aspecto transversal) e não sejam ambíguos); Ser único (cada requisito deve pertencer a um único componente, para que não haja duplicação de requisitos do mesmo domínio) (GUALHANO; MEDEIROS JR.; VERA, 2015).

**Determinar os componentes do domínio:** A classificação e atribuição dos requisitos fica facilitada quando o mesmo é dividido em pequenos conjuntos independentes, este particionamento foi feito nesta etapa.

**Fazer a coleta de requisitos para cada componente:** Para esta etapa a metodologia utilizada para aquisição dos requisitos é livre (entrevista, laddering, workshop), porém é necessário que o aspecto transversal escolhido seja utilizado em todo o levantamento de requisitos. Por exemplo, a coleta de requisitos, considerada nesse trabalho atende apenas ao aspecto usabilidade. Para outras propriedades como portabilidade e desempenho, deverá ser repetido o processo (realizar outra coleta).

**Definir cada requisito:** É necessária uma definição completa e correta de cada requisito do sistema, para que a documentação dos mesmos no sistema seja gerada de forma satisfatória e possibilite o bom funcionamento da biblioteca.

**Especificar cada requisito:** Na última etapa, cada requisito que foi definido anteriormente é especificado e detalhado de forma que não sejam entendidos de formas diferentes por *stakeholders* distintos. Nesta etapa devem ser considerados o aspecto transversal e o domínio de requisitos, impreterivelmente.

## 5. REVISÃO DA LITERATURA

A necessidade do Sistema de Informação (SI) nas empresas surgiu devido ao grande e crescente volume de informações que uma organização possui. Os temas sistema ERP e engenharia de requisitos têm sido amplamente estudados, haja vista que

enriquecer a capacidade de informação e conhecimento não só melhoram a colaboração dos processos de negócios como também fortalecem a capacidade de tomada de decisão. No entanto, considerando apenas um levantamento bibliométrico na

base de dados *SCOPUS*, percebe-se na intersecção dos assuntos sistema ERP, engenharia de requisitos e o requisito da usabilidade que se trata de uma abordagem ainda pouco explorada, conforme mostrado na Figura 2.

Figura 2: Pesquisa realizada na base *SCOPUS*



Fonte: Elaboração própria.

Sen et. al (2010) apresentaram um estudo sobre um sistema de apoio à decisão para selecionar um *software* ERP de uma empresa eletrônica, utilizando um procedimento de tomada de decisão multicritério. De acordo com o modelo proposto, a empresa pode selecionar o *software* certo para adequar os seus processos de negócio, em vez de adaptar os seus processos de negócio ao *software*.

Faisal et al (2011), realizaram um estudo para avaliar a capacidade de usabilidade e eficiência da aplicação financeira em sistemas ERP relativos às indústrias corporativas, a partir do nível de satisfação dos usuários, utilizando uma pesquisa empírica de cinco indústrias têxteis, baseada no levantamento do grupo de gerentes de nível corporativo.

Para avaliar as razões do sucesso e fracasso na implementação de sistemas ERP e as metodologias adotadas pelas equipes de consultoria, Almeida e Teixeira (2012) realizaram uma pesquisa submetendo um formulário às empresas e às equipes de consultoria, a fim de confirmar os principais erros, a cobertura dos sistemas ERP, a resposta da qualidade dos processos de negócio e a avaliação dos requisitos de

engenharia como uma preocupação importante.

Johansson e Andersson (2014), utilizando uma base teórica sobre o gerenciamento de requisitos, mostraram como é feita a engenharia de requisitos na implantação de quatro sistemas ERP diferentes. Os autores constataram que a elicitação de requisitos é feita como uma coleção concentrada de requisitos no início do desenvolvimento do projeto, seguido de uma coleta simultânea de requisitos menos extensivos durante o mesmo e que há também uma reutilização de requisitos de projetos anteriores.

Para analisar as partes dos requisitos e a sua relação com a modelagem de processos de negócios, Khaleel et al. (2016) apresentaram um estudo com conceitos básicos sobre o tema e também um método de análise e modelagem de processos, utilizando os requisitos identificados a fim de produzir funções de sistema ERP adequadas para as empresas.

Mamoghliá, Goeppb e Botta-Genoulaz (2017), ressaltaram em sua pesquisa que os sistemas ERP oferecem funcionalidades padrão que precisam ser configuradas e personalizadas por uma empresa específica, dependendo de

seus próprios requisitos. Um levantamento consistente é, portanto, um fator de sucesso essencial para os projetos ERP. Para gerir este levantamento, as autoras propõem um método fundamentado no modelo operacional, baseando-se na concepção e na correspondência de modelos e em conformidade com as instruções dos padrões empresariais.

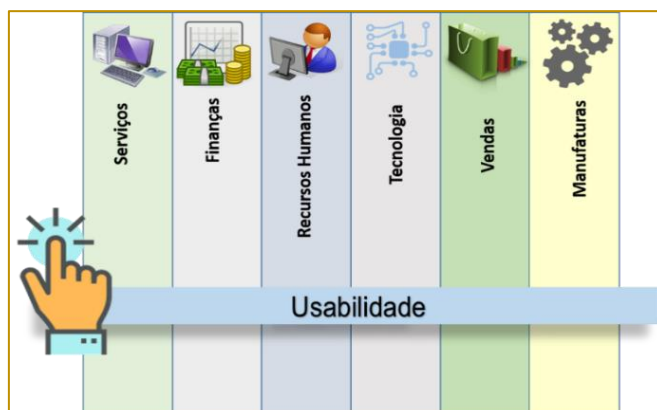
Visando auxiliar a compreensão sobre os pensamentos reais e as necessidades dos desenvolvedores de sistemas, Zou et. al. (2017) realizaram um estudo empírico numa base de dados com cerca de 21,7 milhões de postagens e 32,5 milhões de comentários sobre dúvidas e problemas com requisitos não funcionais. Os resultados constataram

que a maioria dos problemas não resolvidos estavam relacionados com usabilidade e confiabilidade.

## 6. RESULTADOS

Inicialmente, foi escolhido o domínio ERP. Após a escolha deste domínio, foram considerados os seus componentes, e a partir disto, foi especificado o requisito de acordo com o aspecto transversal (usabilidade). Este domínio está formado pelos seguintes componentes e funcionalidades: Serviços, Finanças, Recursos Humanos, Tecnologia, Vendas e Manufatura, conforme mostrado na Figura 3.

Figura 3: Domínio de Requisitos



Fonte: Elaboração própria.

Na especificação do requisito, conforme apresentado na Tabela 1, foram considerados os componentes e funcionalidades do

domínio ERP e o aspecto transversal em estudo.

Tabela 1: Especificação do requisito associado aos componentes do domínio ERP.

Componente	Definição	Especificação do Requisito
Tecnologia	Um participante inexperiente no uso de tecnologias do sistema ERP deve executar o acesso ao sistema em um tempo limite, e um participante experiente deve ser capaz de executar essa mesma tarefa, pelo menos na metade do tempo limite.	É necessário que um participante experiente, tenha mais domínio no uso de tecnologias do sistema ERP do que um participante inexperiente.

(continuação...)

Componente	Definição	Especificação do Requisito
Recursos Humanos	A integração de todas as informações relevantes para o RH, deve ser de fácil acesso, e ter um número mínimo de operações feitas pelo usuário (funcionário do RH) em um curto período de tempo.	O acesso e a facilidade para acessar informações que integram todo o RH em um tempo pequeno é primordial para a usabilidade do sistema ERP.
Vendas	A organização do processo de vendas, principalmente processos internos devem ser dinâmicos e ágeis por cada setor, ou seja, as operações devem ser efetivamente utilizadas e/ou consideradas úteis pelos usuários.	As informações sobre os processos de vendas devem fluir por todo o sistema ERP de forma automatizada e rápida, a fim de toda equipe estar integrada, mais organizada, o que consequentemente beneficia o processo de venda.
Finanças	O ERP deve facilitar a visualização de informações sobre as finanças da organização, gerando relatórios de forma rápida e precisa, além de atualizar as informações com o menor tempo possível, conforme as movimentações lançadas no sistema.	A atualização do sistema, de acordo com as movimentações financeiras auxiliam, além da confiabilidade das informações, o acesso mais ágil, uma vez que estão sempre atualizadas. E os relatórios gerados, diminuem consideravelmente o tempo, o qual seria gasto para fazer o levantamento de todas os dados manualmente.
Serviços	Os serviços no sistema ERP devem responder às necessidades do mercado e serem integrados de forma a melhor gerir a resposta das organizações a seus clientes, com intuito de concluir essas tarefas com sucesso.	Os serviços das empresas necessitam de estrutura enxuta e eficiente. Sendo assim, o sistema ERP deverá ser responsável por gerir as informações internas de maneira essencial para que essas empresas se mantenham competitivas e superem as expectativas do mercado. A rapidez e qualidade em seus processos devem ser priorizadas. Através dessa base gerencial (ERP), o usuário deve ser capaz de realizar todo o controle de serviços de uma empresa e atingir seus objetivos.
Manufatura	O ERP deve garantir a eficiência, redução de custos e qualidade dos processos de manufatura, organizando a gestão da operação e consequentemente otimizando a produtividade.	O ERP deverá propor à empresa maior facilidade no controle de sua produção, e auxílio quanto à identificação de seus erros e quanto à aplicação das devidas medidas corretivas, que objetivam a melhor utilização de seus recursos (máquinas e colaboradores).

Fonte: Elaboração Própria

É importante notar que a arquitetura do sistema ERP tem um papel de suma importância, visto que as informações serão trocadas entre componentes do sistema e entre estes e o usuário, fluindo através de conectores da arquitetura. A usabilidade do sistema deve ser considerada em todo o ciclo de vida do mesmo a fim de facilitar e trazer satisfação aos seus usuários, para o benefício da produtividade de suas respectivas empresas (MELO, 2015).

A partir desse estudo, será possível implementar o requisito de usabilidade voltado para sistema ERP na biblioteca de requisitos disponível na ferramenta FGR.

## 7. CONCLUSÃO

Os requisitos são cada vez mais um elemento essencial à construção de bons produtos de *software*. A inclusão das tarefas de engenharia de requisitos no processo de implantação de um sistema ERP deve ser sempre considerada. Nesse trabalho, como definições iniciais, foram escolhidos um domínio (sistema ERP) e um aspecto transversal (usabilidade) para elaborar uma proposta de engenharia de requisitos de sistemas baseada na elicitação do requisito de usabilidade.

Para melhor entendimento dos conceitos envolvidos no estudo e conhecimento do estado da arte, foi realizada uma pesquisa bibliográfica sobre engenharia de software, engenharia de requisitos, sistema ERP e requisito de usabilidade. A pesquisa apontou claramente a importância da integração das informações nas empresas. Integração essa, que pode ser garantida através da implementação de um sistema ERP. A usabilidade foi um requisito não funcional expressivamente valorizado, sendo possível

reconhecer seus benefícios e o quanto a interface dos softwares / interação com o usuário são colocados em segundo plano pelos próprios desenvolvedores desses sistemas. Uma revisão da literatura também foi realizada com o objetivo de conferir os trabalhos relacionados e verificar a necessidade de desenvolvimento do estudo. Por meio dessa revisão, foi possível identificar na intersecção dos temas “sistema ERP”, “engenharia de requisitos” e “requisito da usabilidade”, que se trata de uma abordagem pouco explorada.

Sendo assim, de acordo com a metodologia de análise de requisitos “AORE”, o domínio escolhido foi devidamente compreendido, no que diz respeito à suas características e necessidades, e dele foram extraídos os respectivos requisitos, fundamentados no aspecto transversal em questão. Foram considerados os principais componentes e as funcionalidades do domínio ERP, os mesmos foram definidos e deles extraídos os requisitos exigidos por cada componente. Esses requisitos, por sua vez, foram definidos e especificados a fim de serem acrescentados à Ferramenta de Gerenciamento de Requisitos (FGR). Dessa forma, a proposta de elicitação de requisitos baseada no aspecto transversal (usabilidade) para o domínio ERP foi realizada a contento, ressaltando que a implementação do requisito de usabilidade na ferramenta FGR tem o intuito de facilitar a produção de documentação de requisitos não funcionais e especificações detalhadas aplicadas a sistemas ERP.

Para trabalhos futuros, sugere-se o estudo de outros requisitos não funcionais, tais como portabilidade, manutenibilidade, confiabilidade, desempenho e reusabilidade para sistemas ERP, e implementá-los na biblioteca modelada.

## REFERÊNCIAS

- [1]. ABRAHÃO, J. I.; SILVINO, A. M. D.; SARMET, M. M. Ergonomics, cognition and informatized job. *Psicologia: Teoria e Pesquisa*, v. 21, n. 2, p. 163–171, 2005.
- [2]. ALI, M.; NASR, E. S.; GHEITH, M. H. A Requirements Elicitation Approach for Cloud Based Software Product Line ERPs. In: *Proceedings of the 2nd Africa and Middle East Conference on Software Engineering*. Cairo, Egypt: ACM Press, 2016.
- [3]. ALMEIDA, R.; TEIXEIRA, M. N. DE O. Evaluating the Success of ERP Systems' Implementation: A Study About Portugal. *Organizational Integration of Enterprise Systems and Resources: Advancements and Applications*, IGI Global, 2012.
- [4]. BERENBACH, B. et al. *Software & Systems Requirements Engineering In Practice*. New York: The Mc Graw Hill, 2009.



- [5]. CARVALHO, R. A. DE; CAMPOS, R. DE. Uma análise de aspectos relacionados ao desenvolvimento e adoção de Enterprise Resources Planning livre de código aberto. *Gestão & Produção*, p. 667–678, 2009.
- [6]. DAVENPORT, T. H. Putting the enterprise into the enterprise system. *Harvard business review*, v. 76, n. 4, 1998.
- [7]. DENNIS, A.; HALEY, B.; ROTH, R. M. *Análise e Projeto de Sistemas*. 5a ed. Rio de Janeiro/RJ: LTC, 2005.
- [8]. FAISAL, C. M. N.; FARIDI, M. S.; JAVED, Z. Usability evaluation of in-housed developed ERP system. Cairo, Egypt: 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1117/12.913212>>. Acesso em: 2 abr. 2017.
- [9]. GUALHANO, M. A.; MEDEIROS JR., R. C.; VERA, A. S. C. Uma ferramenta para Gerenciamento de Requisitos de Segurança. In: VII Congreso Internacional de Computación y Telecomunicaciones. Lima, Peru: Fondo Editorial de la UIGV, 2015.
- [10]. ISO/IEC 10. 24765 - System and Software Engineering- Vocabulary. IEEE, 2010.
- [11]. JOHANSSON, B.; ANDERSSON, B. Requirements Engineering in Open Source ERP. In: 7TH IADIS International Conference Information Systems. Lund, Sweden: International Association for Development of the Information Society (IADIS), 2014.
- [12]. KANWAL, H. T.; ARIF, F.; ZAIDI, A. M. "Software requirement engineering", a new leave towards the silver bullet. In: Science and Information Conference (SAI), 2015. London, UK: IEEE, 2015. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7237144/>>. Acesso em: 5 maio. 2017
- [13]. KHALEEL, Y. et al. Components and Analysis Method of Enterprise Resource Planning (ERP) Requirements in Small and Medium Enterprises (SMEs). *International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE)*, v. 6, n. 2, p. 682, 1 abr. 2016.
- [14]. MAMOGHLI, S.; GOEPP, V.; BOTTA-GENOULAZ, V. Aligning ERP systems with companies' real needs: an "Operational Model Based" method. *Enterprise Information Systems*, v. 11, n. 2, p. 185–222, 2017.
- [15]. MARTINS, R. D. Proposta de um processo de engenharia de requisitos para o NUSIS. Caxias do Sul, RS: Universidade de Caxias do Sul, 2013.
- [16]. MELO, E. L. P. DE. Boa usabilidade e comunicação eficiente de tarefas: dois aliados na execução de processos em sistemas integrados de gestão. Dissertação (Mestrado) - Recife: Universidade Federal de Pernambuco, 2015.
- [17]. MONTEIRO, A. Implantação de um sistema ERP - Proposta de metodologia para implantação em empresas de pequeno e médio porte. Trabalho de Conclusão de Curso - Lajeado/RS: Centro Universitário Univates, 2007.
- [18]. NBR ISO 9126-1. Engenharia de software - Qualidade de produto. Parte 1: Modelo de qualidade. ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2003.
- [19]. NBR ISO 9241-11. Requisitos Ergonômicos para Trabalho de Escritórios com Computadores Parte 11 - Orientações sobre Usabilidade. ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1998.
- [20]. PINTO, K. A. DA C. A Engenharia de Software no Aperfeiçoamento do Sistema de Gerenciamento de Empresas Parceiras do Hospital de Câncer de Barretos: Estudo de Caso. In: VIII SEGET – Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia. Resende/RJ: 2011. Disponível em: <<http://eng.aedb.br/seget/artigos11/28614274.pdf>> . Acesso em: 27 mar. 2017
- [21]. QUINTALE, D. H. Uma abordagem orientada a modelos para desenvolvimento de sistemas ERP de varejo na Web utilizando características funcionais de usabilidade. Dissertação (Mestrado) - Sorocaba/SP: Universidade Federal de São Carlos, 2015.
- [22]. ROCHA, H. V. DA; BARANAUSKAS, M. C. C. Design e Avaliação de Interface Homem-Computador. São Paulo/SP: UME-USP, 2000.
- [23]. ŞEN, C. G.; BARAÇLI, H. Fuzzy Quality Function Deployment Based Methodology for Acquiring Enterprise Software Selection Requirements. *Expert Systems with Applications*, v. 37, n. 4, p. 3415–3426, 2010.
- [24]. SILVEIRA, M. C. DOS S. P. A Reutilização de Requisitos no Desenvolvimento e Adaptação de Produtos de Software. Tese (Doutorado) - Portugal: Universidade do Porto, 2006.
- [25]. SOMMERVILLE, I. Engenharia de Software. 9o edição ed. São Paulo/SP: Pearson Education do Brasil, 2011.
- [26]. STAIR, R. M. Princípios de sistemas de informação. Rio de Janeiro/RJ: LTC, 1998.
- [27]. VENTURA, P. Requisitos de software: uma visão detalhada sobre requisitos Funcionais, requisitos não-funcionais e regras de negócio. Belo Horizonte/MG: Indtech, 2016.
- [28]. ZOU, J. et al. Towards comprehending the non-functional requirements through Developers' eyes: An exploration of Stack Overflow using topic analysis. *Information and Software Technology*, v. 84, p. 19–32, 2017.

# Capítulo 6

## *DESAFIOS DE PRODUÇÃO DE BIODIESEL UTILIZANDO CATALISADOR ÓXIDO DE CÁLCIO DERIVADO DA CASCA DE OVO*

*Luciene da Silva Castro*

*Audrei Giménez Barañano*

**Resumo:** A busca por fontes alternativas aos combustíveis fósseis em virtude da elevada demanda energética principalmente devido ao crescimento populacional, a redução da reserva petrolíferas já que mesma são recursos não renováveis e a redução do impacto ambiental surgiu a necessidade de desenvolvimento de novas tecnologias para produção de combustíveis como o biodiesel. O biodiesel é uma energia limpa proveniente da transesterificação de óleos vegetais ou de gordura animal. A purificação de biodiesel obtido via catálise homogênea geralmente é realizada por meio lavagem úmida, que gera elevada quantidade efluentes poluentes. Essa purificação é complexa, desse modo pode elevar o custo do processo. Diante disso, surgiu o uso de catalisador heterogêneo que simplifica a etapa de purificação. No presente artigo aborda um estudo de caso sobre a produção de biodiesel de óleo de soja utilizando como catalisador heterogêneo CaO oriundo do processo de calcinação da casca de ovo galináceo. O biodiesel de óleo de soja foi produzido com êxito, evidenciando que o catalisador CaO é promissor na síntese de biodiesel. O biodiesel obtido foi purificado devido a lixiviação do cálcio para o meio reacional. A lixiviação é um grande desafio para a produção de biodiesel utilizando esse catalisador. O biodiesel foi purificado com resina de troca iônica, desse modo não houve geração efluentes, mostrando que o processo de biodiesel via catálise heterogênea é sustentável.

**Palavras-chave:** Biodiesel; Casca de ovo; Sustentabilidade.

## 1. INTRODUÇÃO

A busca por fonte alternativa aos combustíveis fósseis devido a diminuição das reservas petrolíferas, o aumento da demanda energética e a redução do impacto ambiental surgiu o biodiesel (KAFUKU e MBARAWA, 2010). O biodiesel é um combustível renovável, pois é produzido a partir de gordura animal ou de óleo vegetal. O uso desse combustível reduz a emissão de materiais particulados, de monóxido de carbono, de dióxido de carbono, de poliaromáticos, de enxofre, de hidrocarbonetos, de fumaça e de ruídos. Além disso, o biodiesel apresenta um elevado teor de oxigênio comparado ao óleo diesel derivado do petróleo. A queima do biodiesel não contribui com a geração de CO<sub>2</sub> para atmosfera. O biodiesel é promissor como combustível substituto ao óleo diesel (PUNA et al., 2010).

O uso e a produção desse biocombustível é vantajoso devido ao uso das redes de distribuição instaladas atuais, ao uso da tecnologia de motores atuais e à possibilidade de redução de importação de petróleo. O uso desse biocombustíveis é uma fonte de geração de emprego, renda para os agricultores e ainda é maneira de produzir de energia para áreas rurais. O biodiesel pode ser aplicado em diversos setores tais como: no transporte, na mineração, na silvicultura, na construção civil e na marinha (RINCÓN, JARAMILLO e CARDONA, 2014).

O biodiesel pode ser obtido a partir de diversos métodos tais como microemulsão, esterificação, craqueamento e transesterificação. A transesterificação é o método mais utilizado na produção de biodiesel (LIN et al., 2011), é um processo químico que ocorre entre o óleo ou gordura e o álcool na presença de catalisador formando ésteres conhecido como biodiesel e glicerol (glicerina) (KHAN et al., 2014).

O catalisador auxilia no processo com objetivo de acelerar a reação (KAFUKU e MBARAWA, 2010). Os catalisadores utilizados na síntese de biodiesel podem ser classificados como homogêneos e heterogêneos (ATADASHI, AROUA e AZIZ, 2010). O catalisador homogêneo é o mais difundido industrialmente. Na transesterificação via catálise homogênea requer várias lavagens do biodiesel com intuito de eliminar os sabões, a glicerina e o catalisador remanescente. O catalisador homogêneo

apresenta dificuldade de separação do produto, devido ser solúvel no meio reacional, sendo assim esse não pode ser facilmente recuperado. Portanto, a purificação via lavagem úmida é complexa podem elevar o custo do processo. (ZABETI, DAUD e AROUA, 2009).

A purificação do biodiesel é geralmente realizada por lavagem com água. Já que a glicerina e o álcool remanescente são solúveis em água, portanto é uma técnica eficaz na remoção desses contaminantes. Além disso, a lavagem com água é responsável pela eliminação dos restos do próprio catalisador e dos sabões. A purificação do biodiesel requer várias lavagens, geralmente utilizam um volume de água três vezes superior ao volume de biodiesel. A lavagem é realizada até obtenção da fase aquosa clara, que evidencia que todos os contaminantes foram removidos. A separação entre o biodiesel e a fase aquosa é realizada geralmente através de funis de separação ou por centrifugação. Após a separação, o biodiesel contém ainda água, sendo necessário aquecimento do biodiesel para realizar a passagem em Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, que geralmente utiliza uma proporção 25% da quantidade de ésteres. Esse método de purificação apresenta inúmeras desvantagens tais como geração de efluentes líquidos poluentes, elevado custo, longo tempo produção, perda de produto e ainda formação de emulsão (LEUNG, WU e LEUNG, 2010).

Diante dessas dificuldades surgiu interesse no uso do catalisador heterogêneo. De acordo Vujicic et al. (2010) existem inúmeras vantagens do catalisador heterogêneo em relação ao catalisador homogêneo. Estas vantagens podem ser classificadas em:

- Ecológica: eliminação da etapa de lavagem, conseqüentemente evita a geração de águas residuais; facilidade no descarte do catalisador sólido usado, devido a não toxicidade do catalisador;
- Econômica: o catalisador por ser reutilizado, que se torna mais barato e produz biodiesel de elevada pureza;
- Tipo de investimento: Simplificação do processo ou até mesmo eliminação de etapa inteira do processo.

Os catalisadores heterogêneos tais como óxidos de metais alcalino terrosos, os heteropoliácidos e as zeólitas têm sido investigados para a produção de biodiesel.

Entre esses óxidos de metais alcalino terrosos, destaca-se o óxido de cálcio (KHEMTHONG et al., 2012).

O óxido de cálcio pode ser obtido de diversas fontes tais como: da calcita (rocha calcária), das carapaças de caranguejo, das conchas de ostras, das conchas de caracóis, dos ossos, das cascas de ovos de avestruz e das cascas de ovos de galinha (SHAN et al., 2016).

O presente artigo tem como objetivo produzir biodiesel de soja utilizando como catalisador o óxido de cálcio proveniente das cascas de ovo e ainda abordar o desafio para a produção de biodiesel.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 CASCA DE OVO

A casca de ovo é um subproduto pouco valorizado dos processos industriais, mas as cascas de ovos apresentam um elevado potencial econômico. Na valorização das cascas de ovos são levados em consideração os aspectos ambientais, o elevado teor de proteínas, sais minerais e uso como fonte alternativa de  $\text{CaCO}_3$  (OLIVEIRA, BENELLI e AMANTE, 2009).

A casca de ovo é um resíduo significativo gerado pelas indústrias alimentícias. De acordo com a Associação Brasileira de Proteína Animal (ABPA, 2016), estima-se que 240 mil ton. de cascas de ovos foram geradas em 2015. As indústrias alimentícias apresentam dificuldades na destinação correta das cascas de ovos, que são geralmente descartadas em aterro sanitário sem nenhum tratamento. A gestão desses resíduos eram uma prática indesejável devido ao odor em decorrência da biodegradação das cascas de ovos (TSAI et al., 2008). A disposição adequada desse resíduo evita poluição ambiental e risco para a saúde pública (WITTOON, 2011), no entanto implica em um elevado custo para a indústrias (GUEDES, 2014).

O uso do carbonato de cálcio oriundo das cascas de ovos é uma maneira de minimizar os impactos causados pela exploração de reservas naturais de rocha calcária (OLIVEIRA, BENELLI e AMANTE, 2009). Além disso, evita a disposição de quantidade significativa de carbonato de cálcio em aterro sanitário, elimina custo da disposição desse resíduo e ainda obtém carbonato de cálcio de

excelente qualidade, pois as cascas de ovos não apresentam elementos tóxicos (MURAKAMI et al., 2007).

A casca de ovo é fonte promissora para a obtenção de óxido de cálcio através da calcinação. O óxido de cálcio derivado da casca de ovo tem sido investigado como catalisador na produção de biodiesel e mostrou promissor como catalisador na produção de biodiesel (BORO, DEKA e THAKURB, 2012). Portanto, o uso da casca de ovo como precursora na obtenção de catalisador para síntese de biodiesel é uma maneira agregar valor a esse resíduo.

### 2.2 PRODUÇÃO DE BIODIESEL

Segundo o Parente (2003), o processo de produção de biodiesel é composto por várias etapas tais como:

- Preparação da matéria: A preparação da matéria prima tem como objetivo proporcionar condições para obtenção de máximo de ésteres através da efetivação da reação de transesterificação. A matéria prima deve possuir o mínimo de acidez e umidade para evitar a formação de sabões que afetam a eficiência de conversão. Caso a matéria prima que apresenta o índice acidez acima do desejado para o processo de produção, é necessário passar por uma etapa de neutralização para tornar aceitáveis ao processo. A neutralização da matéria prima ocorre através da lavagem com uma solução alcalina de  $\text{NaOH}$  ou  $\text{KOH}$ , em seguida passa pela secagem ou desumidificação. Ainda nesta etapa, os compostos presentes na matéria prima tais como: partícula, pigmentos, materiais coloidais e resíduos da extração são indesejáveis a reação de transesterificação podem ser removidas através filtração.
- Reação de transesterificação: É a etapa de conversão dos triglicerídeos em ésteres;
- Separação de fases: O produto da reação apresenta uma fase pesada e outra leve que podem ser separadas por decantação ou centrifugação. A fase pesada é composta pela glicerina bruta, excessos de água, álcool e impurezas enquanto a fase leve formada pela mistura de ésteres e ainda excessos de álcool e impurezas;
- Recuperação e desidratação do álcool: O álcool é recuperado da fase pesada e da fase leve através da evaporação, e é utilizado novamente no processo. O álcool recuperado

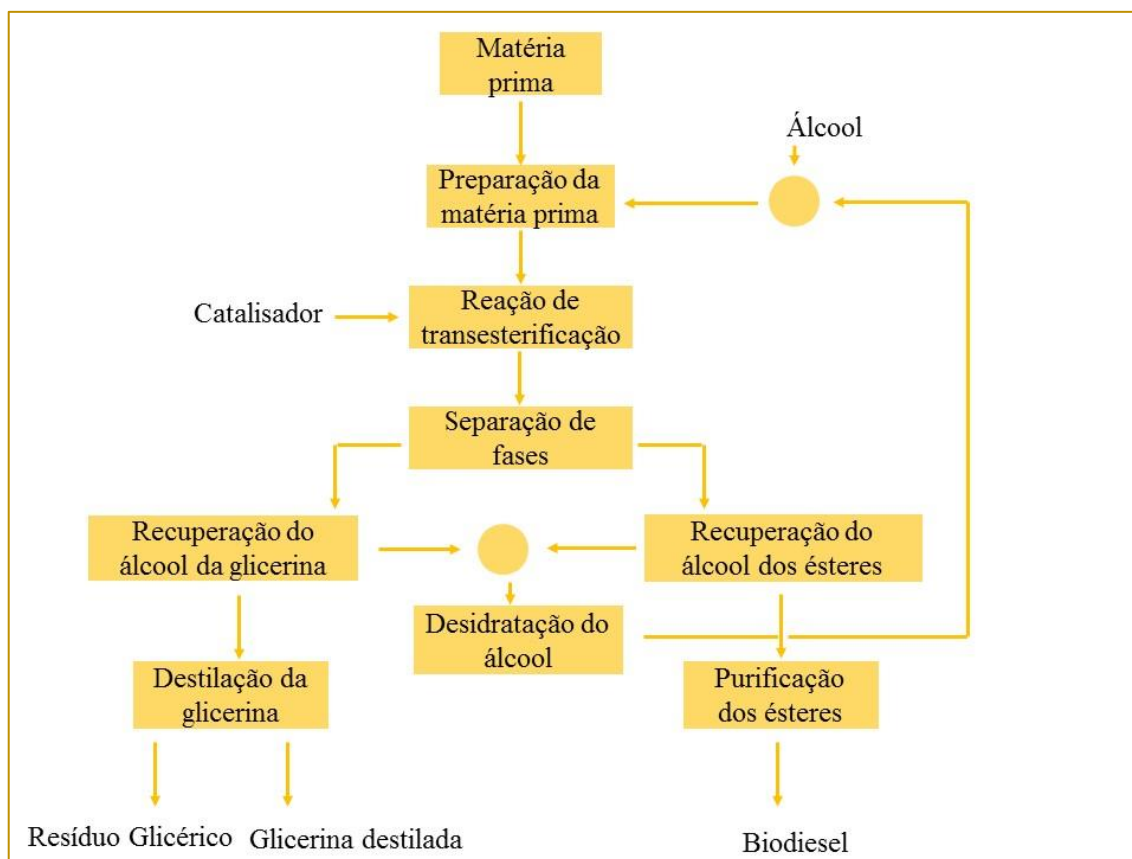
ainda contém quantidade significativa de água, sendo necessário realizar uma etapa de desidratação por destilação;

- Purificação dos ésteres e da glicerina: A purificação dos ésteres é realizada através da lavagem, o biodiesel em seguida passa pela etapa de desumidificação. Esta etapa é necessária pela remoção contaminante como catalisador, álcool e glicerol que possam ainda está presente no biodiesel;

- Destilação da glicerina: A glicerina bruta proveniente do processo ainda possui água, álcool e impurezas. Portanto, a glicerina pode ser purificada para melhorar o valor no mercado. Essa purificação é realizada por destilação a vácuo, e assim obter um produto límpido e transparente conhecida como glicerina comercial.

A Figura 1 ilustra o processo de produção de biodiesel.

FIGURA 1 – Fluxograma de produção de biodiesel



Fonte: Adaptada a partir de Parente (2003)

### 3. METODOLOGIA

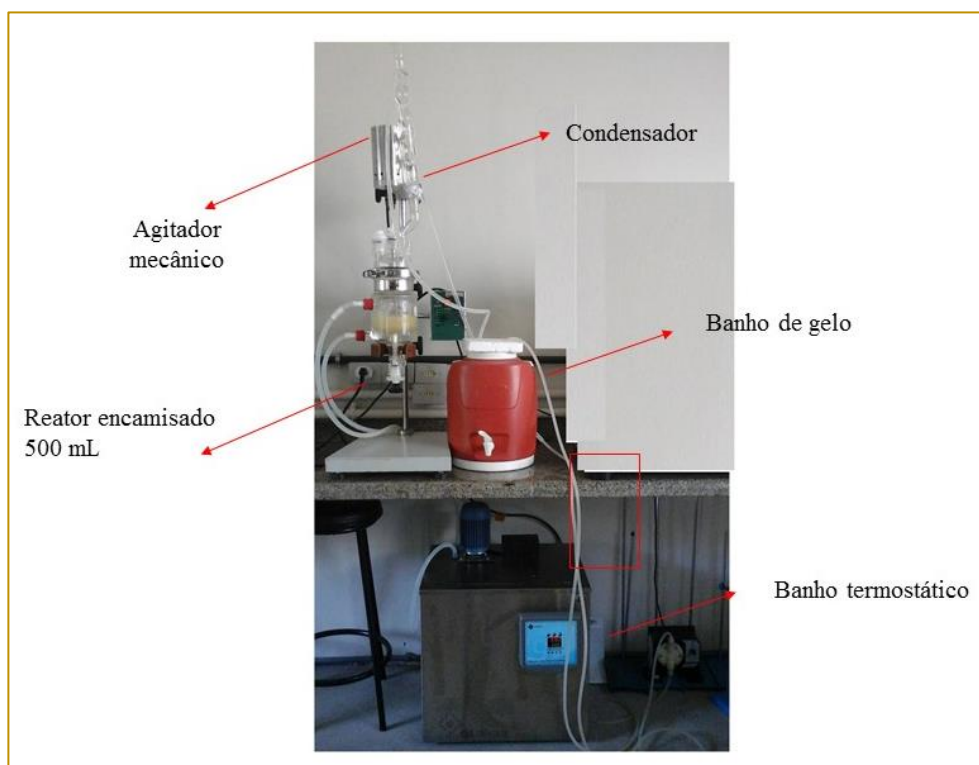
O experimento de produção biodiesel e preparação da casca de ovo foram realizados no Laboratório de Engenharia Química da Universidade Federal do Espírito Santo, Campus de Alegre – ES. A síntese do catalisador foi realizada no Laboratório de Química Aplicada do Instituto Federal do Espírito Santo, Campus de Alegre – ES.

#### 3.1 PROCESSO DE PRODUÇÃO DE BIODIESEL DE ÓLEO DE SOJA UTILIZANDO ÓXIDO DE CÁLCIO DERIVADO DA CASCA DE OVO COMO CATALISADOR HETEROGÊNIO.

O biodiesel de óleo de soja foi produzido num sistema em batelada, que era composto por um reator encamisado de 500 mL equipado com um agitador mecânico, por um sistema de condensação e por um circulador de água termostático que mantinha a temperatura constante, conforme ilustrado na Figura 2.



FIGURA 2 – Produção de biodiesel de óleo de soja utilizando catalisador heterogêneo CaO oriundo da casca de ovo.



Fonte: Autor.

O catalisador (CaO) foi adicionado ao metanol sob agitação constante durante 1,5 h à temperatura ambiente. As condições experimentais de síntese de biodiesel seguiram a metodologia descrita por Wei, Xu e Li (2009). Após essa etapa, a solução catalisadora foi adicionada ao reator contendo óleo aquecido a 60 °C (alterada a temperatura de reação para evitar perda de metanol em razão da temperatura escolhida por Wei, Xu e Li (2009), ser a temperatura de ebulição deste álcool) sob agitação constante durante 3 h, utilizando uma razão molar de metanol:óleo

de 9:1, uma concentração de 3% de catalisador (razão em massa catalisador/óleo). Após o término da reação, transferiu-se a mistura para o funil de decantação, para promover a separação das fases e deixou-se em repouso por 24 h. Após esse tempo de repouso foi a retirada a glicerina e o catalisador do funil de separação, permanecendo apenas o biodiesel. O rendimento de éster foi calculado por meio da gravimetria através da Equação 1.

$$\%R = \frac{m_b}{m_o} * 100 \quad (1)$$

Nessa equação,  $m_b$  é a massa do biodiesel de óleo de soja (g) e  $m_o$  é a massa do óleo de soja (g).

A análise qualitativa da conversão do óleo em biodiesel foi realizada através da cromatografia em camada delgada (CCD).

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O produto obtido foi analisado por cromatografia em camada delgada. Esta análise qualitativa é uma maneira rápida e

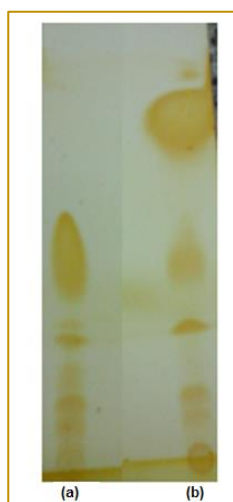


efetiva para verificar a conversão de óleo em ésteres durante uma reação.

O material de partida é óleo podemos observar que houve formação de mancha em  $R_f = 0,5$ , região específica de triglicerídeos e enquanto a mancha de biodiesel foi formada em  $R_f = 0,8$ , no qual é a região específica para formação de éster. A Figura 3 mostram que houve reação química de transesterificação, devido surgimento de mancha na região dos ésteres alquílicos, isto

é, a formação de biodiesel. Além disso, observa-se manchas restantes que podem ser relacionados aos coprodutos da reação, as impurezas, materiais de partida, os produtos intermediários tais como mono, di, triglicerídeos, ácidos graxos. Não houve uma conversão completa dos triglicerídeos em ésteres, conforme observando na figura. Isso evidencia que é necessário melhoria no processo para aumentar o rendimento do biodiesel.

FIGURA 3 – Cromatograma das amostras (a) óleo de soja, (b) biodiesel metílico de soja utilizando catalisador heterogêneo de CaO oriundo da casca de ovo.



O aspecto da mistura formada durante a reação de transesterificação era leitoso,

conforme pode observar na Figura 4, devido à coloração óxido de cálcio.

FIGURA 4: Mistura reacional após a reação de transesterificação.



A Figura 5 mostra a separação de fases da mistura. Observa-se que houve separação de fase, na parte superior ésteres, óleo não

reagido e álcool e na fase inferior a glicerina e catalisador.

FIGURA 5 – A separação de fases da mistura reacional.



O rendimento de éster foi em torno de 85 %, isso indica que este catalisador é promissor para síntese de biodiesel. O biodiesel formado apresentava um aspecto um pouco turvo. Após alguns dias, o biodiesel apresentou um aspecto gelatinoso devido a lixiviação do cálcio durante a reação de transesterificação (GRANADOS et al., 2009).

A lixiviação é o principal restrição para uso do CaO como catalisador. Somente a decantação não foi suficiente para sedimentar todo o cálcio lixiviado. Em busca em melhoria para o processo foram realizada uma centrifugação da mistura reacional e posteriormente foi realizada a decantação, observou que o biodiesel ainda apresentava teor de cálcio acima da especificação da ANP.

Após a centrifugação e decantação, o biodiesel foi purificado utilizando uma resina de troca iônica. O teor de cálcio do biodiesel foi reduzido e apresentou conforme ao desejado pela especificação da ANP. A resina pode ser regenerado utilizando uma lavagem com etanol sem perda significativa na estabilidade.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A produção de biodiesel é fonte de energia limpa já que a mesmo é proveniente fonte renovável. Visto que é um combustível verde pois evita emissão de gases poluentes comparado ao óleo diesel, portanto é uma energia promissora para futuro.

A produção de biodiesel via catálise homogênea existem inúmeras desvantagens entre essas está a geração de elevada quantidade de efluente. O uso de catalisador heterogêneo permitiu não geração de efluentes líquidos.

O uso da casca de ovo como matéria prima precursora para síntese de catalisador é uma maneira de agregar valor ao resíduo e ainda minimizar a disposição em aterro sanitário de grande quantidade de casca de ovo. Portanto, é uma solução para a indústria alimentícias e ainda pode ser uma fonte de renda para a indústria, já as cascas de ovos podem ser comercializadas para produção de CaO.

O CaO da casca de ovo mostrou-se promissor na catálise para a síntese de biodiesel. O rendimento ésteres obtido foi de 85%, visto que é uma atividade catalítica significativa para este catalisador.

A partir de resíduos foi possível obter um catalisador de baixo para aplicação na indústria de biodiesel, visto que a maioria dos catalisadores heterogêneos apresentam um alto para o processo. A qualidade do biodiesel é afetada pela lixiviação do cálcio,

porém a purificação com resina de troca iônica foi eficaz na remoção do cálcio.

A produção de biodiesel utilizando como catalisador um resíduo pode tornar o processo mais sustentável.

## REFERÊNCIAS

- [1]. Associação Brasileira de Proteína Animal. (2016). ABPA MÍDIA. Acesso em 05 de FEVEREIRO de 2016, disponível em ABPA - Associação Brasileira de Proteína Animal: <http://abpa-br.com.br/noticia/producao-de-ovos-do-brasil-cresce-61-e-chega-a-395-bilhoes-de-unidades-1550>
- [2]. Atadashi, I., Aroua, M., & Aziz, A. A. (2010). High quality biodiesel and its diesel engine application: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14, 1999–2008.
- [3]. Atadashi, I., Aroua, M., & Aziz, A. A. (2011). Biodiesel separation and purification: A review. *Renewable Energy*, 36, 437 - 443.
- [4]. Boro, J., Deka, D., & Thakurb, A. J. (2012). A review on solid oxide derived from waste shells as catalyst for biodiesel production. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16, 904–910.
- [5]. Granados, M. L., Alonso, D. M., Sádaba, I., Mariscal, R., & Ocón, P. (2009). Leaching and homogeneous contribution in liquid phase reaction catalysed by solids: The case of triglycerides methanolysis using CaO. *Applied Catalysis B: Environmental*, 89, 265–272.
- [6]. GUEDES, F. H. (2014). Reaproveitamento de resíduo de casca de ovo e chamote na produção de material cerâmico para isolamento térmica (Vol. 170 f). Campos dos Goytacazes: Dissertação Mestrado (Engenharia e Ciências dos Materiais) - Programa de Pós - Graduação em Engenharia e Ciências dos Materiais, Universidade Estadual Norte Fluminense.
- [7]. Kafuku, G., & Mbarawa, M. (2010). Biodiesel production from Croton megalocarpus oil and its process optimization. *Fuel*, 89, 2556–2560.
- [8]. Khan, T., A.E. Atabani, Badruddin, I. A., Badarudin, A., Khayoon, M., & S. Triwahyono. (2014). Recent scenario and technologies to utilize non-edible oils for biodiesel production. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 37, 840–851.
- [9]. Leung, D. Y., Wu, X., & Leung, M. (2010). A review on biodiesel production using catalyzed transesterification. *Applied Energy*, 87, 1083–1095.
- [10]. Oliveira, D. A., Benelli, P., & Amante, E. R. (2009). Valorização de Resíduos Sólidos: Casca de Ovos como Matéria-Prima no Desenvolvimento de Novos Produtos (Vols. 20th-22nd). São Paulo: KEY ELEMENTS FOR A SUSTAINABLE WORLD: ENERGY, WATER AND CLIMATE CHANGE.
- [11]. Oliveira, D., Benelli, P., & Amante, E. (2013). A literature review on adding value to solid residues: egg shells. *Journal of Cleaner Production*, pp. 42-47.
- [12]. Parente, E. J. (2003). BIODIESEL: Uma Aventura num País Engraçado. Tecbio.
- [13]. Puna, J., Gomes, J., Correia, M. J., Dias, A. S., & Bordado, J. (2010). Advances on the development of novel heterogeneous catalysts for transesterification of triglycerides in biodiesel. *Fuel*, 89, 3602–3606.
- [14]. Rincón, L., Jaramillo, J., & Cardona, C. (2014). Comparison of feedstocks and technologies for biodiesel production: An environmental and techno-economic evaluation. *Renewable Energy*, p. 69.
- [15]. Tsai, W.-T., Hsien, K.-J., Hsu, H.-C., Lin, C.-M., Lin, K.-Y., & Chiu, C.-H. (2008). Utilization of ground eggshell waste as an adsorbent for the removal of dyes from aqueous solution. *Bioresource Technology*, pp. 1623–1629.
- [16]. Vujicic, D., Comic, D., Zarubica, A., Micic, R., & Boskovic, G. (2010). Kinetics of biodiesel synthesis from sunflower oil over CaO heterogeneous catalyst. *Fuel*(89), 2054–2061.
- [17]. Wei, Z., Xu, C., & Li, B. (2009). Application of waste eggshell as low-cost solid catalyst for biodiesel production. *Bioresource Technology*, pp. 2883–2885.
- [18]. Witoon, T. (2011). Characterization of calcium oxide derived from waste eggshell and its application as CO<sub>2</sub> sorbent. *Ceramics International*, pp. 3291–3298.
- [19]. Zabeti, M., Daud, W. M., & Aroua, M. K. (2009). Activity of solid catalysts for biodiesel production: A review. *Fuel Processing Technology*, 90, 770–777.

# Capítulo 7

## MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL: AVALIAÇÃO DA ADEQUAÇÃO AOS PILARES DA TPM EM UMA EMPRESA DE VIDROS NO ESTADO DE PERNAMBUCO

*Simone Correia de Lima*

*Nadia Heloisa Barbosa Goulart*

*Jacinta de Fátima Pereira Raposo*

**Resumo:** A Manutenção Produtiva Total (TPM) compreende um abrangente conjunto de atividades de manutenção que visam melhorar o desempenho e a produtividade dos equipamentos de uma fábrica com vista no desenvolvimento de uma cultura organizacional voltada para atividades de aperfeiçoamento com a participação de todos. Este artigo propõe uma avaliação da adequação aos pilares da TPM em uma fábrica de transformação de vidros no estado de Pernambuco, como pré-requisito para sua implementação futura. Para tanto, empregou-se, como metodologia, uma pesquisa bibliográfica descritiva com auxílio de um estudo de caso, utilizando-se como ferramentas para coleta de dados a observação direta e o questionário estruturado. Foi possível, após tratamento dos dados, identificar pontos negativos em relação a adequação de ações da empresa aos pilares da TPM, sendo para estes, proposto ações de melhorias, para que assim, possam ser realinhados e estabilizados com aqueles já consolidados.

**Palavras-Chave:** Manutenção Produtiva Total, Empresa de Vidros, Adequação aos pilares da TPM.

## 1. INTRODUÇÃO

O conceito de Manutenção Produtiva Total, conhecido pela sigla TPM (*Total Productive Maintenance*), inclui programas de manutenção preventiva e preditiva. É a melhoria na estrutura da empresa em termos materiais e em termos humanos, alcançando um rendimento operacional global.

A TPM se baseia na execução de oito pilares, os chamados “Pilares da TPM”, são eles: Educação e Treinamento; Manutenção Autônoma; Manutenção Planejada; Melhoria Específica; Controle Inicial; Manutenção da Qualidade; Gestão Administrativa ou TPM da administração e; Segurança e Meio Ambiente ou TPM da Segurança e Meio Ambiente.

A base para a implementação dos pilares da TPM é a busca, da empresa, em adquirir vantagens, como progressos na sua estrutura a partir da reestruturação e melhorias das pessoas e dos equipamentos com envolvimento de todos os níveis hierárquicos, bem como, estruturação de uma manutenção espontânea, objetivando eliminar erros, quebras e custos adicionais, entre outros fatores.

Partindo-se destas observações e admitindo-se a dificuldade que muitas empresas possuem em sistematizar e verificar sua *performance* em relação as práticas de manutenção adotadas, este trabalho propõe uma avaliação da adequação aos pilares da TPM em uma fábrica de Vidros no Estado de Pernambuco, como pré-requisito para sua implementação futura.

Este trabalho se justifica pelo fato de que a empresa, objeto de estudo, mostrou-se interessada em buscar melhorias para seu sistema produtivo, e que estas podem ser alcançadas com a implementação da filosofia da TPM. Porém, é sabido que as vantagens oferecidas pela TPM só serão alcançadas com sua apropriada implementação, ou seja, se faz necessário um planejamento para execução dos pressupostos da TPM, planejamento este que facilite e subsidie a introdução da manutenção como uma das atividades fundamentais de um processo produtivo e que esta seja enfrentada como uma função proativa.

Cabe classificar esta pesquisa como de natureza aplicada, pois têm como objetivo gerar conhecimentos para aplicações práticas, bem como uma pesquisa bibliográfica descritiva com auxílio de um

estudo de caso, utilizando-se como ferramenta para coleta de dados a observação direta e aplicação de questionário estruturado.

A seguir o leitor depara-se com o trabalho dividido em 6 seções, além desta introdutória. A seção 2 apresenta uma breve revisão teórica sobre a TPM. A seção 3 expõe os métodos adotados para construção do trabalho. Na seção 4 tem-se a descrição da empresa objeto do estudo de caso e a caracterização do estudo aplicado. A seção 5 descreve os resultados e discussões que se traduzem no diagnóstico situacional e propostas de ações. E por fim, a seção 6 com as considerações finais.

## 2. MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL

A Manutenção Produtiva Total conhecida abreviadamente por TPM (*Total Productive Maintenance*) tem como objetivo reunir diversas atividades com a convenção voltada para o resultado.

Moubray (1996) afirmou que a atividade de gestão da manutenção, nas empresas, tem procurado novos modos de pensar, tanto tecnicamente como gerencialmente, já que as novas exigências de mercado tornaram visíveis as limitações dos atuais sistemas de gestão.

Complementando a ideia exposta Tsarouhas (2007) cita que a TPM define a relação entre a produção e a manutenção, para melhoramento contínuo da qualidade dos produtos, eficiência operacional, capacidades, garantias e segurança.

Sendo assim, pode-se concluir que a TPM pode ser vista como uma filosofia de manufatura, que promove a capacitação do potencial de seus operadores para efetuar atividades básicas de conservação, que geralmente é executado pelo setor específico de manutenção, ou seja, proporcionar a autonomia para os colaboradores na execução de reparos básicos como: limpeza, re-lubrificação, reaperto, etc.

Nakajima (1988) defende que essa filosofia de manufatura que enfoca e valoriza o relacionamento efetivo dos operadores com o equipamento e suas funções podem ser efetivadas através da construção de oito pilares e estes por sua vez, devem sustentar a TPM. Os pilares com seus objetivos e vantagens estão disposto na Tabela 1.

Tabela 1 – Os oito pilares da TPM: Objetivos e Vantagens

PILAR	OBJETIVO	VANTAGENS
Manutenção autônoma	Capacitar os operadores para supervisão e atuação como mantenedores de primeiro nível.	Tornar os operadores aptos a promoverem, nos seus ambientes de trabalho, mudanças que venham a garantir aumento de produtividade e satisfação em atuar no seu posto de trabalho.
Manutenção Planejada	Aplicar todas as ações preventivas incorporadas nas técnicas de Manutenção.	Auxiliar na tomada de decisão tanto na produção como nos negócios, visto que somente a manutenção garante o perfil e a disponibilidade dos equipamentos.
Controle Inicial	Prevenir a manutenção.	Permitir que o equipamento possa ser consertado com a rapidez e qualidade requeridas.
Melhoria Específica	Deixar de lado as diferenças naturais do ser humano e trabalhar em conjunto.	Reduzir tempos operacionais; Aumentar segurança; Reduzir tempos de setup (período em que a produção é interrompida para consertos); Aumentar a disponibilidade de um ativo.
Educação & Treinamento	Os mantenedores devem conhecer tecnicamente equipamentos para que realizem ajustes e os consertos necessários.	Aumentar a produtividade, para isso é necessário que os operadores saibam manusear ferramentas de montagem e operar equipamentos simples ou complexos.
Segurança e Meio Ambiente	Respeitar à saúde e a integridade física das pessoas, e a preservação do meio ambiente.	Evitar multas por fiscalização e penalidades.
TPM em áreas administrativas	Definir o setor e estabelecer metas com base em 3 pilares: KAIZEN no setor e entre os setores; Manutenção Autônoma para escritório e Educação & Treinamento.	Eliminar desperdício e perdas geradas pelo trabalho de escritório.
Qualidade	Prevenir defeitos através de verificação e medição periódicas das condições dos equipamentos.	Garantir que equipamentos não produzirão defeitos no produto.

Fonte: Adaptado de Pereira (2011)

Em resumo, de acordo com Pereira (2011) a implementação dos oito pilares da TPM, no sistema produtivo de uma empresa, pode resultar na eliminação total de perdas, na eficiência dos ativos através da redução de quebras de máquinas, na melhor utilização dos equipamentos disponíveis e redução de perdas nas diversas etapas e/ou áreas dos processos produtivos.

### 3. METODOLOGIA UTILIZADA

De acordo com Silva e Menezes (2005), do ponto de vista da sua natureza, considera-se

este trabalho como uma pesquisa aplicada, pois têm como objetivo gerar conhecimentos para aplicações práticas, já em observância aos objetivos, este se classifica como exploratório por utilizar um estudo de caso e bibliográfico por fazer uso de revisões em livros e artigos sobre o tema escolhido.

Para melhor compreensão da metodologia utilizada preferiu-se dividir as ações nela desenvolvidas em fases, como mostra a Figura 1:



Figura 1 – Estrutura da metodologia da pesquisa



De acordo com a Figura 1 os procedimentos metodológicos sucederam da seguinte maneira:

Fase 1: Pesquisa bibliográfica: Baseia-se em leitura em livros e artigos que tratam sobre manutenção produtiva total e escolha dos pontos principais para compor o trabalho, estes foram apresentados na seção 2 deste artigo;

Fase 2: Estudo de caso: O estudo de caso examina um dado fenômeno em seu meio natural, a partir de fontes de evidências e pelo emprego de ferramentas de coleta de dados. Neste trabalho foi investigado a *performance* da empresa, objeto de estudo, em relação as práticas operacionais adotadas para verificar a adequação de suas ações para futura implementação de uma gestão de manutenção produtiva total. Nesta fase, para a coleta de dados foi utilizada observações diretas e aplicação de questionários com a participação da gerência e do pessoal do chão de fábrica;

Fase 3: Diagnóstico situacional – Nessa fase as perguntas que compuseram o questionário aplicado foram separadas por pilares da TPM (Educação e Treinamento; Manutenção Autônoma; Manutenção Planejada; Melhoria Específica; Controle Inicial; Manutenção da Qualidade; Gestão Administrativa e Segurança e Meio Ambiente) e foi realizada a interpretação dos resultados. No diagnóstico

é verificado como a empresa se adequa a cada pilar da TPM, quais os pontos fortes que possibilitam a implementação de uma TPM na empresa, bem como, quais os pontos fracos que precisam ser melhorados para essa futura ação;

Fase 4: Propostas de ações - A partir da verificação de adequação ao pilares da TPM na fase anterior, foi realizada propostas de ações que possibilitem a implementação da manutenção produtiva total futura.

## 4. ESTUDO DE CASO

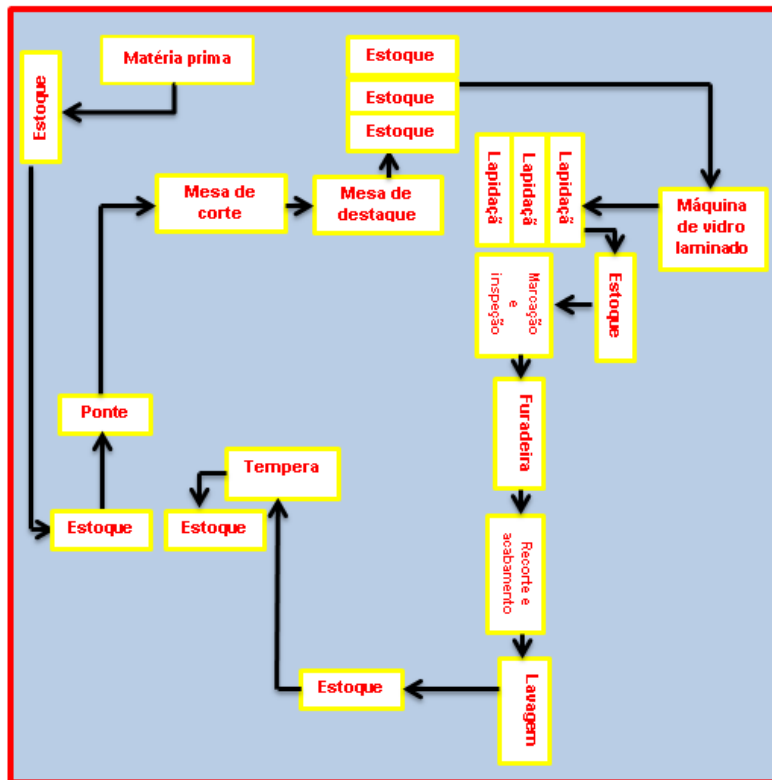
### 4.1. A EMPRESA E CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO

A empresa que subsidiou a realização desta pesquisa situa-se na região metropolitana de Pernambuco e atua no ramo de transformação de vidros, tendo como principais produtos os vidros dos tipos: Box padrão; Espelho, Vidro engenharia e Vidro laminado.

Em sua linha de produção tem-se 12 máquinas que encontram-se arranjadas na seguinte sequência de operações: ponte, corte, lapidação, furação, acabamento, lavagem e tempera.

A Figura 2 mostra de forma simplificada a disposição dos estoques, equipamentos e máquinas do setor produtivo da empresa.

Figura 2 – Disposição de estoques, equipamentos e maquinário no chão de fábrica.



Atualmente a capacidade disponível da empresa é de 20.000 m<sup>2</sup> por dia, porém, sua capacidade utilizada é em média de 10.000 m<sup>2</sup> por dia. Tal dado remeteu a busca por informações que estariam ocasionando o não aproveitamento da capacidade disponível da empresa.

A coleta de dados por observação direta revelou informações iniciais importantes, como:

Foi verificado que no sistema produtivo ocorria com frequência problemas mecânicos e elétricos, desperdício de matéria prima, falta de controle no estoque, ausência de treinamento, riscos físicos e ergonômicos ao trabalhador, ausência de um setor específico para a qualidade, uso de manutenção reativa, entre outros fatores negativos;

Em conversa com a gerência da empresa percebeu-se o interesse pela implantação de melhorias com intuito de diminuir custos e eliminar desperdícios, bem como, aumentar a produtividade e o rendimento operacional.

Dado as observações, notou-se a necessidade de uma avaliação da estrutura

da empresa em termos materiais e em termos humanos, para que daí sejam traçadas as ações de melhoria operacional.

Neste sentido, foi sugerida uma avaliação da adequação das ações realizadas no chão de fábrica da empresa com os pilares da TPM, para que assim a gerência possa planejar a futura implementação da mesma, e com uso da TPM alcançar reformulação na postura de toda empresa, com vista em eliminar desperdícios, falhas, acidentes, defeitos, etc.

Então, seguiu-se com a avaliação da adequação aos pilares da TPM através da aplicação de questionários, como descrito em sequência.

#### 4.2. APLICAÇÃO DO QUESTIONÁRIO

Inicialmente o questionário foi estruturado conforme os problemas observados no chão de fábrica da empresa. O Quadro 1 mostra parte do questionário de 48 questões, que foi aplicado na oportunidade da realização de uma palestra sobre a filosofia Kaizen com participação de 19 colaboradores do setor produtivo.

Quadro 1 – Parte do questionário aplicado

Prática Operacional			
Responder as seguintes perguntas marcando um "X"		Resposta	
		SIM	NÃO
1)	É comum a toma de decisão no chão de fábrica?		
2)	No caso de novas idéias sobre melhorias, estas são valorizadas pela empresa?		
3)	O objetivo estratégico da empresa é divulgado/conhecido?		
4)	Todas as informações sobre operações são compartilhadas entre os colaboradores?		
5)	Resultados em termos de qualidade do processo ou das operações são divulgados?		
6)	Antes que as pessoas tratem o problema (quando existir) é investigada a causa do mesmo?		
7)	As pessoas admitem quando falham?		
8)	Os equipamentos de trabalho suprem sua necessidade?		
9)	No surgimento de opiniões contrárias sobre melhorias para a operação são compartilhadas?		
10)	No surgimento de opiniões contrárias sobre melhorias para a operação são bem aceitas?		
11)	A sua tarefa é padronizada?		

As perguntas envolveram assuntos referentes à gestão da manutenção, gestão da qualidade, higiene, saúde e segurança do trabalho, inspeções, gestão de pessoas, disposição do arranjo físico e práticas motivacionais.

### 5. DIAGNÓSTICO SITUACIONAL

Nessa fase, com o resultado dos questionários em mãos, foram identificadas as perguntas que se relacionam aos objetivos de cada pilar da TPM com suas respectivas

respostas apontadas como positivas ou negativas.

Os Quadros de 2 ao 9 apresentam os resultados obtidos para os questionamentos de acordo com os oito pilares da TPM e subsequentes aos quadros, são apresentadas as discussões sobre a adequação das ações da empresa para aderir aos conceitos da TPM por pilar.

O Quadro 2 apresenta os questionamentos selecionados para análise da adequação da empresa ao pilar da TPM "manutenção autônoma".

Quadro 2 – Resultado sobre o pilar da TPM, manutenção autônoma.

Manutenção Autônoma		
Questionamento	Respostas	
	Positivas	Negativas
Novas ideias relacionadas a melhoria da empresa são valorizadas?	3	13
Os equipamentos da empresa suprem as suas necessidades?	9	7
Há um padrão na execução da sua tarefa?	10	5
Todas as informações, sobre falhas no geral, são compartilhadas entre os funcionários?	7	8
As pessoas admitem quando falham?	4	10
A disposição do maquinário contribui para o surgimento de quebras?	11	5
Numa falha o primeiro ato é não determinar de quem é culpa e sim procurar soluções?	10	4
Os funcionários participam de atividades de melhorias de processos, produtos e serviços?	7	8
A empresa tem programas de treinamento operacional?	5	9

De acordo com o Quadro 2, percebe-se que a empresa não se adequa ao pilar manutenção autônoma da TPM. Isso se torna evidente pela presença de alguns pontos negativos no resultado do questionário aplicado e

associado a este pilar, como: ausência de programas de incentivo aos colaboradores na busca por melhorias para o sistema produtivo; falta de comunicação, por parte de alguns colaboradores, sobre falhas; ocorrência de

falhas no produto por disposição inadequada dos maquinários (arranjo físico não favorece o deslocamento dos colaboradores entre as máquinas); e inexistência de treinamentos para uma gestão da manutenção.

Por outro lado, observa-se a vista de alguns pontos positivos que podem vir a contribuir na busca pela adequação ao pilar em questão. Sendo estes: padronização na execução das

tarefas e presença de equipamentos que suprem a necessidade operacional dos colaboradores no chão de fábrica.

Da mesma forma que o Quadro anterior, o Quadro 3 exibe os questionamentos selecionados para análise da adequação da empresa ao pilar da TPM “manutenção planejada”.

Quadro 3 – Resultados sobre o pilar da TPM, manutenção planejada.

Manutenção Planejada		
Questionamento	Respostas	
	Positivas	Negativas
Há um histórico de reparos das máquinas?	10	5
Você acha que a manutenção efetuada atualmente está suprimindo suas necessidades?	8	12
A manutenção ocorre apenas com a quebra do equipamento?	10	2
O uso da manutenção de reparação afeta a qualidade do produto final?	10	2
Os funcionários participam de atividades de solução de problemas?	8	10
Numa falha o primeiro ato é não determinar de quem é culpa e sim procurar soluções?	10	4
A empresa apoia atividades de grupos que promovem a aprendizagem mútua?	7	8

O pilar “manutenção planejada” diz respeito à aplicação de ações preventivas incorporadas a técnicas de manutenção. Logo, em observância aos resultados apresentados no Quadro 3 entende-se que a fábrica de vidros não opera com manutenção preventiva em sua totalidade. Alguns dos resultados apresentados indicam esse fato, como: a utilização de uma manutenção corretiva, ou seja, só ocorre a manutenção quando o equipamento quebra, bem como, o fato deste tipo de manutenção ser considerada pelos colaboradores insuficiente.

Contudo, a presença de pontos positivos como a utilização dos históricos dos últimos reparos e a cultura de procurar solucionar problemas, se incorporadas as ações corretivas para os pontos negativos citados anteriormente, poderão contribuir para a introdução deste pilar no meio operacional.

Dando continuidade ao diagnóstico, o Quadro 4 expõe os questionamentos selecionados para análise de adequação ao pilar da TPM “melhoria específica”.

Quadro 4 – Resultados sobre o pilar da TPM, melhoria específica.

Melhorias Específicas		
Questionamento	Respostas	
	Positivas	Negativas
O objetivo principal da empresa é amplamente divulgado/conhecido?	14	2
Todas as informações são bem compartilhadas entre os funcionários?	7	8
Antes que as pessoas tratem dos problemas, elas consideram o contexto geral no qual o problema ocorreu?	10	2
As pessoas admitem quando falham?	4	10
Na empresa as opiniões contrárias são oportunidades para aprender?	14	3
Numa falha o primeiro ato é não determinar de quem é culpa e sim procurar soluções?	10	4
Quando há um grande sucesso, conversa-se sobre os resultados?	7	7
A empresa apoia atividades de grupos que promovem a aprendizagem mútua?	7	8
A empresa reconhece a sua contribuição individual para a empresa, reconhecendo o autor da ideia ?	5	8
A empresa procura maneiras de remover barreias impostas ao compartilhamento de conhecimento?	8	7
O compartilhamento de conhecimento é reconhecido publicamente?	3	10
Os funcionários participam de atividades de melhorias de processos, produtos e serviços?	7	8

Para adequação ao pilar “melhoria específica”, os resultados do Quadro 4 apontam para necessidade que a empresa tem em implantar programas para conscientização dos colaboradores para o trabalho em grupo; para o desenvolvimento de atividades de melhorias com compartilhamento de conhecimento mútuo,

para a importância de se admitir erros e buscar encontrar suas causas e ainda programas de motivação e reconhecimentos dos mesmos.

Para análise de adequação das ações da empresa ao pilar “educação e treinamento” observou-se os resultados do questionário aplicado dispostos no Quadro 5.

Quadro 5 – Resultados sobre o pilar da TPM, educação e treinamento

Educação e Treinamento		
Questionamento	Respostas	
	Positivas	Negativas
Você acha que o número de colaboradores que desempenham a sua função é suficiente para execução da operação?	8	8
O incentivo ao treinamento e ao desenvolvimento profissional é elevado?	6	10
A rotatividade de colaboradores entre as funções é baixa?	13	0
A empresa tem programas de treinamento operacional?	5	9
A empresa apoia atividades em grupos que estimulem a troca de conhecimento?	7	8
Geralmente ocorrem reorganizações na produção visando melhores resultados?	3	12
Antes que as pessoas tratem dos problemas, elas consideram o contexto geral no qual o problema ocorreu?	10	4

Diante dos resultados apresentados no Quadro 5, constata-se que a empresa não se adequa ao pilar “educação e treinamento”, pois a mesma demonstra não possuir ações que seriam relevantes para a correta adequação, como: baixa rotatividade entre os colaboradores, que garanta a polivalência entre eles; ausência de rearranjo na produção visando melhores resultados; e o baixo incentivo ao desenvolvimento profissional dos colaboradores.

Sobre tudo, há um ponto que deve ser ressaltado que poderá auxiliar na busca pela

adequação da empresa ao pilar em questão, este se refere à preocupação que os colaboradores têm em considerar o contexto geral dos problemas ocorridos antes de procurar a solução; este fato pode introduzir a importância que se deve ter em investigar as causas dos problemas impedindo que as mesmas venham a ocorrer posteriormente.

Já para analisar a adequação das ações da empresa ao pilar “controle inicial” ressaltam-se os resultados do questionário aplicado dispostos no Quadro 6.

Quadro 6 – Resultados sobre o pilar da TPM, controle inicial

Controle Inicial		
Questionamento	Respostas	
	Positivas	Negativas
O objetivo principal da empresa é amplamente divulgado/conhecido?	14	2
Os funcionários participam de atividades de melhorias de processos, produtos e serviços?	7	8
O layout contribui para o surgimento de quebras?	11	5
O layout contribui para o surgimento de arranhões?	10	5
O layout contribui para outros defeitos?	11	4
O maquinário permite uma boa movimentação?	4	13
Geralmente ocorrem organizações na produção visando melhores resultados?	3	12

De acordo com o que é apresentado no Quadro 6, pode-se notar que o pilar de “controle inicial” não é praticado na sua totalidade. Vale lembrar que esse tipo de “controle inicial” tem como objetivo consolidar uma sistemática para levantamento das dificuldades e irregularidades no meio operacional ligado a manutenção de equipamentos, e na busca de melhorias no processo como todo. Contudo, verificam-se algumas ações no chão de fábrica, da

empresa em estudo, que não contribuem para a devida adequação ao pilar mencionado, são elas: inexistência de reorganização do layout gerando avarias nos produtos e falta de treinamento para identificação de necessidades de melhorias no processo como todo.

O Quadro 7 apresenta os questionamentos selecionados para análise da adequação da empresa ao pilar da TPM “Segurança e meio ambiente”.

Quadro 7 – Resultados sobre o pilar da TPM, segurança e meio ambiente

Segurança e Meio Ambiente		
Questionamentos	Respostas	
	Positivas	Negativas
Os ambientes da empresa são limpos e agradáveis?	5	8
A empresa possui boas condições para repouso (No horário de almoço) e o barulho na sua concepção, esta dentro dos limites suportáveis?	9	5
A empresa informa quais os riscos em relação à saúde que os funcionários estão sendo submetidos?	8	5
Você sente falta de algum espaço de apoio ou material que o ajudaria na execução de sua atividade?	10	4
O maquinário permite uma boa movimentação?	4	13



Ao estudar os resultados do questionário relacionado ao pilar “segurança e meio ambiente”, nota-se que a empresa não proporciona a segurança esperada ao colaborador, e mesmo que informe os riscos existentes, a mesma não toma atitudes para prevenção de acidentes. Portanto, as ações

identificadas para “segurança e meio ambiente” configuram a inadequação ao pilar em questão.

Para análise de adequação das ações da empresa ao pilar “manutenção da qualidade” observou-se os resultados do questionário aplicado dispostos no Quadro 8.

Quadro 8 – Resultados sobre o pilar da TPM, manutenção da qualidade.

Manutenção da Qualidade		
Questionamentos	Respostas	
	Positivas	Negativas
Atualmente a empresa demonstra compromisso com a qualidade?	11	3
Atualmente a empresa faz inspeção do produto final?	10	3
A empresa possui programa de qualidade?	8	0

Observou-se que a empresa caminha para a adequação a este pilar, pois a mesma mostrou-se bastante preocupada com a qualidade dos seus produtos e compromisso com os seus clientes. A empresa entre outras ações para qualidade realiza inspeções durante o seu processo produtivo para eliminar possíveis falhas.

Entretanto, é sabido que para se obter qualidade no serviço/produto ofertado se faz necessário não só o foco no cliente, como também que a empresa prese por uma visão

sistêmica de processos, pelo comprometimento e envolvimento de todos, pela melhoria contínua e por decisões baseadas em fatos, e observa-se, no decorrer do diagnóstico, que estes pontos não são atendidos em sua totalidade, sendo necessário realinhamento de ações para este fim.

Para análise de adequação das ações da empresa ao último pilar da TPM, “gestão administrativa” foi observado os resultados dispostos no Quadro 9.

Quadro 9 – Resultados sobre o pilar da TPM, gestão administrativa

Gestão Administrativa		
Questionamentos	Respostas	
	Positivas	Negativas
O objetivo principal da empresa é amplamente divulgado/conhecido?	14	2
É incentivado que o colaborador ao determinar a falha solucione e procure a causa?	10	4
São realizadas atividades de melhorias? Como palestras sobre filosofias de zero defeito?	7	8
A empresa tem programas de treinamento operacional?	5	9

Para adequação ao pilar “gestão administrativa” a empresa precisa definir metas com base em 3 pilares, são eles: o “Kaizen”, que significa “mudar para melhor”; o

incentivo a manutenção autônoma para escritório e a educação e treinamento.

Pode-se observar, não só a partir dos resultados do questionário, como também

pela observação direta, que a empresa tem interesse em divulgar a filosofia japonesa do Kaizen. A empresa solicitou aos autores deste trabalho a divulgação através de uma palestra sobre a filosofia e após a realização, percebeu-se que o assunto foi bem visto entre os colaboradores.

Já para as metas a serem definidas sobre incentivo à manutenção pode-se observar alguns pontos que incorrem na inadequação das ações da empresa, como: ausência de

treinamentos, falta de incentivo para estudos/cursos aos colaboradores, inexistência de programa zero defeito ou para melhoria contínua em execução ou a ser planejada.

Para finalizar o diagnóstico de adequação das ações, da empresa objeto de estudo, aos pilares da TPM, o Quadro 10 apresenta o quantitativo de respostas positivas e negativas, obtidas através da aplicação do questionário, para cada pilar.

Quadro 10 – Quantitativo de respostas positivas e negativas para cada pilar da TPM

PILAR		Pontos Positivos	Pontos Negativos
1	Manutenção Autônoma	3	6
2	Manutenção Planejada	2	5
3	Melhoria Específica	5	6
4	Educação e Treinamento	5	1
5	Controle Inicial	1	6
6	Segurança e Meio Ambiente	2	3
7	Manutenção da Qualidade	3	0
8	Gestão Administrativa	2	2

Em linhas gerais, os resultados apresentados no Quadro 10, mostram que para a implantação da TPM se faz necessário que a empresa desenvolva ações de ordem corretiva, buscando, principalmente, realinhar e estabilizar atividades direcionadas aos pilares de manutenção autônoma, manutenção planejada, melhoria específica, controle inicial e segurança e meio ambiente. Para os demais pilares, gestão administrativa, manutenção da qualidade e educação e treinamento, deve-se ter um planejamento para ações voltadas a melhorias contínuas.

## 6. PROPOSTAS DE AÇÕES

Após constatação da existência de pontos passíveis de melhoria para adequação da

empresa em relação a alguns pilares, foi possível aplicar a ferramenta 5W1H para descrição de ações de melhorias para estes pontos.

A 5W1H consiste na elaboração de um *checklist* de atividades específicas que devem ser desenvolvidas com o máximo de clareza e eficiência por todos os envolvidos em um projeto. Essa lista de atividades deve ser elaborada a partir de seis questionamentos, são eles: *What* (o que será feito?), *Why* (por que será feito?), *Where* (onde será feito?), *When* (quando?), *Who* (por quem será feito?) e *How* (como será feito?).

O Quadro 11 mostra o 5W1H elaborado para a empresa.

Quadro 11 – Propostas de ações de melhorias pelo 5W1H: Manutenção Autônoma

Manutenção Autônoma					
<i>What</i>	<i>Why</i>	<i>Where</i>	<i>When</i>	<i>Who</i>	<i>How</i>
Valorizar novas idéias relacionadas à melhoria da empresa.	Para que o colaborador sinta à vontade em expor sua idéia.	Ambiente operacional	No dia-a-dia	Nível Tático	Através de reuniões para solicitar contribuição dos colaboradores.
Propor a implantação de círculos de controle da qualidade.	Para que os colaboradores percebam a importância do trabalho em equipe.	Ambiente operacional	Uma vez por semana.	Nível operacional e Nível Tático.	Os colaboradores irão formar equipes de 4 a 5 pessoas e discutir problemas que estão ocorrendo no seu setor, assim cada colaborador irá propor uma solução para o problema do outro.
Incentivar os colaboradores a admitirem seus erros.	Para garantir transparência nas ocorrências.	Ambiente operacional	Sempre	Nível Tático	Através de palestras que mostram o quanto é importante admitir o seu erro, obtendo a possibilidade de reforçar sempre a filosofia KAIZEN.
Planejar rearranjo físico.	Melhorar a disposição dos maquinários, para diminuir/eliminar o surgimento de quebras.	Ambiente operacional	Quando necessário.	Nível Tático e Nível Estratégico.	A gestão deverá buscar informações do chão de fábrica sobre inadequações do arranjo físico, para se planejar os ajustes necessários.
Promover a participação dos colaboradores em atividades de melhoria de processos, produtos.	Para permear a importância de uma visão sistêmica de processos.	Empresa.	Sempre	Nível Tático	Através de treinamentos de qualidade e a prática de <i>brainstormings</i> .
Realizar programas de treinamento operacional.	Buscar eficácia operacional.	Ambiente operacional.	A ser definido.	Nível operacional e/ou tático.	Através de programas de treinamento.

Quadro 11 – Propostas de ações de melhorias pelo 5W1H: Manutenção Planejada

Manutenção Planejada					
<i>What</i>	<i>Why</i>	<i>Where</i>	<i>When</i>	<i>Who</i>	<i>How</i>
Elaborar um plano de manutenção.	Para suprir as necessidades dos colaboradores, e diminuir/eliminar avarias no processo produtivo.	Ambiente operacional	A ser definido de plano de manutenção.	Nível Tático e operacional.	Discutir as necessidades das máquinas, e com isso elaborar o plano de manutenção.
Implantar a manutenção preventiva	Para diminuir custos de produção, e maximizar a produtividade.	Ambiente operacional	Gradualmente, pois a manutenção preventiva é implantada na empresa de forma gradual.	Nível tático e operacional.	Discutir as necessidades das máquinas, e com isso elaborar o plano de manutenção.

Quadro 11 – Continuação: Propostas de ações de melhorias pelo 5W1H: Melhorias Específicas

Melhorias Específicas					
<i>What</i>	<i>Why</i>	<i>Where</i>	<i>When</i>	<i>Who</i>	<i>How</i>
Propor a implantação de círculos de controle da qualidade.	Para que os colaboradores percebam a importância do trabalho em equipe.	Ambiente operacional	Uma vez por semana.	Nível operacional e Nível Tático.	Os colaboradores irão formar equipes de 4 a 5 pessoas e discutir os problemas que estão ocorrendo no seu setor, assim cada colaborador irá propor uma solução para o problema do outro.
Incentivar os colaboradores a admitirem seus erros.	Para que haja o entendimento de que errar é normal e estarem abertos para quando isso acontecer procurar ajuda para solucionar a situação.	Ambiente operacional	Sempre	Nível Tático	Treinamentos <i>Kaizen</i> .
Reconhecer colaboradores participativos.	Para motivar colaboradores.	Reuniões no ambiente operacional.	De acordo com a necessidade	Nível Tático	Através de <i>brainstormings</i> .

Quadro 11 – Continuação: Propostas de ações de melhorias pelo 5W1H: Educação e Treinamento

Educação e Treinamento					
<i>What</i>	<i>Why</i>	<i>Where</i>	<i>When</i>	<i>Who</i>	<i>How</i>
Promover programas de motivação e treinamento (desenvolvimento profissional)	Garantir eficiência e eficácia nas operações.	Ambiente operacional	De acordo com a necessidade do setor operacional.	Nível Tático.	A ser determinado pela gerência.
Desenvolver a prática do <i>empowerment</i> .	Preparar a organização para atribuir poder de decisão em tarefas variadas.	Em todos os setores que o nível Tático achar necessário.	No dia-a-dia de trabalho.	Nível tático e operacional.	Treinamento para o <i>empowerment</i> .
Incentivar a prática da melhoria contínua.	Para se obter bons resultados sempre.	Empresa	Sempre.	Nível Tático	Treinamento PDCA.

Quadro 11 – Continuação: Propostas de ações de melhorias pelo 5W1H: Controle Inicial,

Controle Inicial					
<i>What</i>	<i>Why</i>	<i>Where</i>	<i>When</i>	<i>Who</i>	<i>How</i>
Promover a participação dos colaboradores em atividades de melhoria de processos, produtos.	Para permear a importância de uma visão sistêmica de processos.	Empresa.	Sempre	Nível Tático	Através de treinamentos de qualidade e a prática de <i>brainstormings</i> .
Planejar um rearranjo físico.	Melhorar a disposição dos maquinários, para diminuir/eliminar o surgimento de quebras.	Ambiente operacional	Quando necessário.	Nível Tático e Nível Estratégico.	A gestão deverá buscar informações do chão de fábrica sobre inadequações do arranjo físico, para se planejar os ajustes necessários.

Quadro 11 – Continuação: Propostas de ações de melhorias pelo 5W1H: Segurança e Meio Ambiente

Segurança e Meio Ambiente					
<i>What</i>	<i>Why</i>	<i>Where</i>	<i>When</i>	<i>Who</i>	<i>How</i>
Realizar limpeza dos ambientes adequadamente.	Para garantir ambiente de trabalho limpo e agradável.	Empresa	Sempre	Todos os níveis da empresa	Praticar o 5S.
Disponibilizar materiais próximos aos colaboradores	Otimizar operações.	Ambiente operacional	De acordo com o planejamento para rearranjo na fábrica.	Nível Tático.	A ser definido.
Planejar um rearranjo físico.	Melhorar a disposição dos maquinários, para diminuir/eliminar o surgimento de quebras.	Ambiente operacional	Quando necessário.	Nível Tático e Nível Estratégico.	A gestão deverá buscar informações do chão de fábrica sobre inadequações do arranjo físico, para se planejar os ajustes necessários.

Quadro 11 – Continuação: Propostas de ações de melhorias pelo 5W1H: Gestão Administrativa.

Gestão Administrativa					
<i>What</i>	<i>Why</i>	<i>Where</i>	<i>When</i>	<i>Who</i>	<i>How</i>
Promover palestras sobre filosofias de zero defeito, 5S e <i>Kaizen</i> .	Para buscar eficiência e eficácia operacional	Empresa	À definir.	Nível Tático	À definir.

As propostas de ações de melhorias dispostas no Quadro 11 podem ser utilizadas como um mapa de atividades que vai ajudar a empresa na adequação de suas ações aos pilares da TPM.

Em sequência a elaboração do 5W1H, foi indicado a empresa um instrumento que

servirá como guia para futura implementação da TPM.

O guia refere-se a realização de 12 etapas de um processo de implementação da TPM por Nakajima, citado em Kardec e Pinto(1999). Estas 12 etapas estão apresentadas na Figura 4.



Figura 4 - Fases de implantação do TPM

Fase	Nº	Etapa	Ações
PREPARATÓRIA	1	Comprometimento da alta administração	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Divulgação do TPM em todas as áreas da empresa</li> <li>• Divulgação através de jornais internos</li> </ul>
	2	Divulgação e treinamento inicial	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Seminário interno dirigido a gerentes de nível superior e intermediário</li> <li>• Treinamento de operadores</li> </ul>
	3	Definição do órgão ou comitê responsável pela implantação	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estruturação e definição das pessoas do comitê de implantação</li> </ul>
	4	Definição da política e metas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Escolha das metas e objetivos a serem alcançados</li> </ul>
	5	Elaboração do plano diretor de implantação	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Detalhamento do plano de implantação em todos os níveis</li> </ul>
INTRODUÇÃO	6	Outras atividades relacionadas com a introdução	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Convite a fornecedores, clientes e empresas contratadas</li> </ul>
IMPLEMENTAÇÃO	7	Melhorias em máquinas e equipamentos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Definição de áreas e/ ou equipamentos e estruturação das equipes de trabalho</li> </ul>
	8	Estruturação da manutenção autônoma	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Implementação da manutenção autônoma, por etapas, de acordo com programa</li> <li>• Auditoria de cada etapa</li> </ul>
	9	Estruturação do setor de manutenção e condução da manutenção preditiva	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Condução da manutenção preditiva</li> <li>• Administração do plano de manut. preditiva</li> <li>• Sobressalentes, ferramentas, desenhos, etc.</li> </ul>
	10	Desenvolvimento e capacitação do pessoal	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Treinamento de pessoal de operação para desenvolvimento de novas habilidades relativas a manutenção</li> <li>• Treinamento de pessoal de manutenção para análise, diagnóstico, etc.</li> <li>• Formação de líderes</li> <li>• Educação de todo pessoal</li> </ul>
	11	Estrutura para controle e gestão dos equipamentos numa fase inicial	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gestão do fluxo inicial</li> <li>• LCC (<i>life cycle cost</i>)</li> </ul>
CONSOLIDAÇÃO	12	Realização do TPM e seu aperfeiçoamento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Candidatura ao prêmio PM</li> <li>• Busca de objetivos mais ambiciosos</li> </ul>

Fonte: Adaptado de Kardec e Pinto (1999)

A efetivação das etapas propostas por Nakajima, citado em Kardec e Pinto (1999), nada mais é que a realização de um planejamento e controle adequado para a implementação do TPM, não rígido e visto por muitas empresas como uma ferramenta de apoio para poder guiar as pessoas envolvidas no processo.

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pode-se concluir que o objetivo deste trabalho foi alcançado, em vista que foi possível realizar uma avaliação da adequação da empresa aos pilares da TPM e, através dela, propor ações de melhorias para os pontos verificados como impróprios.

A construção deste estudo de caso fundamentou-se no interesse da empresa avaliada em buscar melhorias para seu sistema produtivo, e, portanto, realizado visitas *in locu*, foi constatado que a TPM poderia ser aplicada proporcionando o desenvolvimento de um conjunto de atividades de manutenção que visam melhorar o desempenho e a produtividade da empresa.

Através de observações diretas e aplicação de questionários no ambiente fabril foi realizado um diagnóstico das ações praticadas em relação aos pilares da TPM, como: Educação e Treinamento; Manutenção Autônoma; Manutenção Planejada; Melhoria Específica; Controle Inicial; Manutenção da Qualidade; Gestão Administrativa ou TPM da administração e; Segurança e Meio Ambiente ou TPM da Segurança e Meio Ambiente

Para as ações identificadas no diagnóstico como inadequadas foi possível propor um *checklist* de atividades específicas, através da ferramenta 5W1H, que devem ser desenvolvidas com o máximo de clareza e eficiência por todos os envolvidos na busca pela implementação futura da TPM. Foi também proposto um guia para o processo de implantação da TPM ditado por Nakajima para garantir que a filosofia seja enfrentada como uma função proativa e não reativa nas práticas operacionais.

Por fim, pode-se afirmar que o trabalho mostrou-se de grande valia não só por permitir o alcance do objetivo traçado, como também, por proporcionar oportunidade de desenvolvimento de novos trabalhos na empresa, em vista de suas necessidades até então verificadas. Portanto, propõem-se para trabalhos futuros estudos sobre *layout*, ergonomia e gestão de materiais.

## REFERÊNCIAS

- [1]. KARDEC, A.; PINTO, N. Manutenção: Função estratégica. Rio de Janeiro: Qualitmark, 1999.
- [2]. MOUBRAY, J. Introdução à Manutenção Centrada na Confiabilidade. São Paulo: Aladon, 1996.
- [3]. NAKAJIMA, S. Introduction to Total Productive Maintenance (TPM). Cambridge: Productivity Press, 1988.
- [4]. PEREIRA, Mário Jorge. Engenharia de manutenção: teoria e prática. Ciência Moderna 2011.
- [5]. SEBRAE – Critérios de classificação de empresas: MEI - ME – EPP. Disponível em: <<http://www.sebrae-sc.com.br/leis/default.asp?vcduto=4154>> Acesso em: 15 jan. 2017
- [6]. SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. Metodologia de Pesquisa e Elaboração de Dissertação. 4 ed. Florianópolis: Laboratório de Ensino a Distância da UFSC, 2005.
- [7]. TSAROUHAS, P. Implementation of total productive maintenance in food industry: a case study. Journal of Quality in Maintenance Engineering. Reviews and Case Studies. Vol. 13, n.1, p. 5-18, 2007.

# Capítulo 8

## MODELAGEM E SIMULAÇÃO DO PROCESSO DE ATENDIMENTO MÉDICO HOSPITALAR PARA EXAMES DE ULTRASSONOGRRAFIA EM PASSOS/MG

*Ana Paula Bueno Lopes*

*Nájjylla Cecília Pereira Costa*

*José da Silva Ferreira Junior*

**Resumo:** A simulação a eventos discretos vem sendo utilizada de forma mais crescente para o auxílio de tomada de decisão. Um dos principais problemas das policlínicas públicas é a geração de filas para agendamentos e atendimentos, considerando que a demanda por serviços médico-hospitalares ocorre de forma involuntária e não programada. Este artigo faz uma aplicação de um projeto de simulação em um ambiente de saúde, com isso, a simulação foi à ferramenta utilizada para atingir os objetivos deste trabalho. O propósito da pesquisa e a metodologia utilizada é a Modelagem e Simulação com a elaboração do mapeamento IDEF-Sim, com as três etapas do projeto de simulação foram seguidas, concepção, implementação e análise. A simulação foi feita com a ajuda do software Pro-Model®. Como resultados, a proposição de melhorias no setor de agendamentos e atendimentos de serviços médico-hospitalares é esperada, também visualizando a capacidade das atendentes e do setor estudado. Com o software Promodel foi possível visualizar, que a demora para o atendimento vem crescendo no decorrer do processo, devido a necessidade do exame. A melhoria em questão analisada foi a implantação de um novo funcionário, para que possa diminuir a espera e o diagnóstico esperado seja mais ágil. Pois antes o paciente demoraria cerca de 12 meses para a realização do exame, se implantar um novo funcionário, poderia diminuir a metade com 50% de melhora.

**Palavras-chave:** Filas; IDEF-SIM; Policlínica; Simulação.

## 1 INTRODUÇÃO

Nos tempos atuais, um dos principais problemas dos hospitais e policlínicas é o tamanho das filas, tanto para agendamentos, quanto para o atendimento em si. Tanto em meios público quanto particulares, tal problema persiste e desgasta a imagem da saúde perante os pacientes. Considerando que a demanda por serviços médico-hospitalares ocorre, na maioria das vezes, de forma involuntária, as filas conseqüentemente se formam com maior frequência.

Segundo Fitzsimmons e Fitzsimmons (2005, p. 288) "(...) fila é uma linha de clientes esperando no momento em que necessitam de serviços de um ou mais prestadores". Basicamente, as filas se formam quando a demanda de clientes é maior do que a capacidade de atendimento daquele momento, geradas normalmente pela falta de gestão do ambiente em questão.

Todo e qualquer ambiente que presta serviços na área da saúde, deve se apresentar tais preocupações com a qualidade de vida, mostrando um atendimento eficaz, independente da classe social. Nas instituições privadas, a incidência de grandes filas pode ser solucionada por meio da diminuição de demanda, uma vez que as mesmas tem a capacidade de controlar a demanda de pacientes, diminuindo ou aumentando o valor dos serviços prestados. Já as instituições públicas não possuem a mesma capacidade, devido à gratuidade dos serviços, sendo assim é necessário preocupar-se com a inserção de novas estratégias, que visem à melhoria na infraestrutura e no desempenho técnico do serviço de saúde como um todo. Diante disto, percebe-se que é extremamente recomendável a aplicação de ferramentas de mapeamento de processos na organização, oferecendo o importante papel de reforçar o planejamento público e as ações preventivas.

Corroborando com isto, Sabbadini, Gonçalves e Oliveira (2006) afirmam que o gerenciamento das filas é fundamental, pois as filas estão relacionadas diretamente à percepção dos clientes a respeito do serviço prestado e da necessidade de esperar por ele.

Várias são as técnicas para o suprimento desta gestão, passando desde formulações da Gestão de filas até melhoras qualitativas nos ambientes geradores das mesmas. Um dos métodos atualmente utilizados para esta

gestão é a modelagem e simulação a eventos discretos, a qual está sendo cada vez mais utilizada em diversos ambientes, como manufatura, serviços, logística, saúde, dentre outros para a tomada de decisão (BANKS *et al.*, 2005).

A simulação computacional permite estudar os passos e as maneiras de um processo e seus devidos efeitos. Podem ser criados vários tipos de cenários e suas respostas, assim auxiliando na tomada de decisão, e desta maneira fornecer as informações necessárias e de como o sistema reagira com a modificação. Segundo Chwif e Medina (2010), o modelo de simulação computacional é utilizado, principalmente, como uma ferramenta para obter respostas e sentenças.

Hoje em dia a simulação a eventos discretos, vem sido usada de uma forma intensa para auxiliar a tomada de decisão por meio de: modelagem, análise e projetos de sistemas, para que possa visualizar o impacto causado devido mudanças de parâmetros no desempenho desses sistemas (BANKS *et al.*, 2005; CHO, 2005; GARZA-REYES *et al.*, 2010; SARGENT, 2011). De acordo com Nance (1993) a investigação do desempenho dos sistemas de saúde pública, tem-se notando grandes avanços com a introdução de tecnologia de simulação, para o auxílio de soluções de problemas, um deles as filas geradas involuntariamente.

A pesquisa buscou atender a primeira etapa do projeto de simulação, que é a concepção, mapeando o processo pela técnica IDEF-SIM e executar sua validação e verificação para com o meio real, com o foco de atender a capacidade de atendimento em um centro de especialidades secundárias nos municípios, diagnosticando as filas de esperas e a insatisfação da população. Será utilizado para a simulação o software Pro-Model®. ro-model, que é um programa capaz de simular eventos, modificando partes do trabalho de uma empresa sem que necessite aplicar em vida real.

O trabalho pode-se justificar pelo motivo de que a Policlínica se encontra com um dos principais alvos da rede pública de Passos-MG. Hoje a SRS Passos (Superintendências Regional de Saúde de Passos - MG) conta com uma população em habitantes por cerca de 111000 sendo que grande parte destes utilizam a rede pública de saúde.

Corroborando com isto, o objeto geral deste trabalho trata-se da elaboração de um

mapeamento de processos por meio da técnica IDEF-Sim em uma Policlínica, a fim de indicar as necessidades encontradas em cada setor e os tempos e métodos de cada processo, além de propor medidas de gerenciamento de filas buscando assim melhoria na qualidade de vida. Já os objetivos específicos estão elencados abaixo:

- Conhecer os processos de trabalho e o funcionamento da Policlínica estudada;
- Descrever a importância do mapeamento de processos para a Policlínica estudada em específico;
- Analisar as necessidades e estudar medidas adequadas de gerenciamento de filas por meio de um diagnóstico;
- Utilizar-se do conhecimento dos colaboradores e pacientes situações que lhes causem desconforto para tornar o mapeamento eficiente e veraz;
- Listar as especialidades nos atendimentos, exames realizados no ambulatório e a demanda de pacientes em cada função;
- Sugerir medidas e ações relacionadas com atendimento rápido, eficaz e satisfatório, eliminando e neutralizando a indignação dos pacientes;
- Utilizar as normas como guia para a elaboração do mapeamento IDEF-SIM e coletar os dados;
- Simular o projeto do software ProModel, para os devidos resultados.
- Validar e verificar o modelo;
- Análise dos resultados e conclusão.

Além desta Introdução, que faz uma apresentação sintetizada do tema abordado e sua contextualização com a realidade, menciona os objetivos, indica sua relevância e sintetiza o conteúdo dos capítulos subsequentes, compõe-se este trabalho em mais capítulos, onde o 2º capítulo é intitulado "Revisão Teórica" e aborda a definição e contexto de simulação, bem como as ferramentas utilizadas como base para a execução da simulação. Já o capítulo 3, é denominado "Método de pesquisa" e disserta sobre a forma de metodologia proposta para executar a pesquisa em questão, bem como o seu passo a passo para alcançar os resultados desejados. A seguir, o capítulo 4, conhecido como "Desenvolvimento da

pesquisa" nos revela a forma como a pesquisa foi executada gradualmente e quais os dados obtidos durante este processo. Por fim, o capítulo 5, intitulado "Conclusão", expõe um resumo geral sobre a pesquisa, realizando um check- list dos objetivos a fim de garantir que foram alcançados. Neste resumo, aponta-se também quais as dificuldades e facilidades encontradas no processo, sua contribuição científica e algumas propostas para a realização de trabalhos futuros a partir deste tema.

## 2 REVISÃO TEÓRICA

A simulação pode ser definida segundo Vaccaro (1999), como um modelo de recriação em um ambiente controlado, de modo que possa ser possível aplicar modificações, compreender resultados, manipular e verificar seu comportamento de forma segura e reduzir custos. Para Harrel, Ghosh e Bowden (2000) a simulação pode ser entendida como a representação do mundo organizacional virtual de um sistema de vida real por meio de um modelo, tornando possível o estudo de um sem que seja necessário construí-lo na realidade, ou até fazer modificações. Já para Banks (1998), a simulação pode ser considerada como a imitação de um processo ou sistema do mundo real ao longo do tempo.

Segundo Banks (1998), a simulação inclui a geração de uma história artificial de um sistema e a observação desta própria história, para a fim de se criar um modelo com características operacionais do sistema real que será apresentado. Permitindo-nos assim avaliar e analisar sistemas reais em meios de construção de modelos computacionais (CHWIF; MEDINA, 2010)

BANKS *et al.* (2005), cita ainda que a modelagem de simulação era utilizada cada vez mais como uma ferramenta para o auxílio de tomada de decisão, auxiliando assim seus gerentes e colaboradores. Com isso, Sandanayake, Oduoza e Proverbs (2008), destacam que se tornaram mais importantes nas últimas décadas a modelagem e simulação devido estarem aliados à análise de sistemas de produção, visando a melhoria de desempenho.

A simulação é composta por três grandes fases, sendo elas: concepção, implementação e análise.



## 2.1 CONCEPÇÃO

A fase de concepção é onde se inicia o ciclo, no qual os pesquisadores devem conhecer o processo a ser simulado, delimitar o sistema, definir os objetivos da pesquisa, o escopo e o nível de detalhamento para o modelo (ROBINSON, 2008). Ao longo desta etapa é construído o corpo do modelo conceitual, que segundo Law (1991), Robinson (2008) e Pereira, Montevechi e Friend (2012) é provavelmente, a parte mais difícil do processo de desenvolvimento e uso de modelos de simulação, e deve estar bem definido para que erros futuros sejam evitados.

De acordo com Sakurada e Miyake (2009), a formulação do modelo conceitual compreende o levantamento de suposições sobre os componentes e a estrutura do sistema (inclusive as interações entre os componentes) e as hipóteses sobre os parâmetros e variáveis envolvidas. Existem várias formas de se construir um corpo de modelo conceitual, dentre elas estão as técnicas conhecidas como IDEF (Integrated Definition Methods). As mais utilizadas são definidas como:

IDEF0: utilizada para produzir um modelo funcional. Um modelo funcional é uma representação estruturada de funções, atividades ou processos dentro de um sistema modelado ou definida área;

IDEF1: utilizada para produzir um modelo de informações. Um modelo de informações representa a estrutura e a semântica das informações dentro de um sistema modelado ou definida área;

IDEF2: utilizada para produzir um modelo dinâmico. Um modelo dinâmico representa o comportamento, variando no tempo, das características de um sistema modelado ou definida área;

IDEF3: utilizada para capturar e representar com elementos gráficos, tanto para a transição de estados em um sistema de eventos discretos, como para a representação das atividades associadas com cada estado de transição.

Para tanto, a técnica IDEF-Sim proposta por Leal, Almeida e Montevechi (2008) utiliza uma combinação de três técnicas: IDEF-0, IDEF-3 e o fluxograma, proporcionando benefícios como: Redução do tempo gasto na modelagem computacional; Ajudar no processo de validação do modelo conceitual

junto aos especialistas; Contribuir para documentação do projeto de simulação, deixando registradas as logicas utilizadas; Permitir um maior entendimento do modelo por parte dos futuros leitores do projeto.

A fim de corroborar com isto, usaremos o método do IDEF-Sim para desenvolver esta simulação.

### 2.1.1 IDEF-SIM

A técnica IDEF-Sim, desenvolvida por Leal, Almeida e Montevechi (2008), tem como principal meta oferecer suporte específico para a modelagem conceitual em projetos de simulação. Contudo, considerando que os elementos lógicos estabelecidos nesta técnica são fundamentados na sintaxe e diagramação do IDEFØ e IDEF3, como também no uso figurado da ação 'movimentação' do fluxograma (ANSI), a mesma também poderá ser utilizada em outros estudos de modelagem.

A Figura 1 a seguir apresenta de forma estruturada os elementos e simbologias aplicados no IDEF-Sim, bem como as técnicas originárias que foram adaptadas as necessidades da modelagem conceitual de projetos de simulação.

A seguir a identificação das funções de cada elemento referente à Figura 1:

Entidade: Itens que serão processados pelo sistema, demonstrando matéria-prima, produtos, pessoas, documentos, entre outros;

Funções: Locais onde as entidades sofrerão alguma ação;

Fluxo de entidade: É como ou onde a entidade se movera dentro do modelo;

Recursos: São os elementos utilizados para a movimentação das entidades e executar suas determinadas funções pré-estabelecidas. Podem ser representados por pessoas ou equipamentos;

Controles: São as regras utilizadas nas funções, como por exemplo: os sequenciamentos, regras das filas, programações e entre outros;

Regras para fluxos paralelos e/ou alternativos: Utilizado no IDEF3 que são as junções;

Movimentação: Andamento da entidade, no qual se acredita possuir efeito de facilitar o entendimento do modelo;
















Informação explicativa: Explicação do modelo, como se fosse uma legenda;

Fluxo de entrada no sistema modelado: Define as entradas ou as criações das entidades do modelo;

Ponto final do sistema: Fim do caminho dentro do fluxo modelado;

Conexão com outra figura: Utilizado para dividir o modelo.

Figura 1 – Simbologia utilizada na técnica IDEF-SIM

Elementos	Simbologia	Técnica de origem
Entidade		IDEF3 (modo descrição das transições)
Funções		IDEF0
Fluxo da entidade		IDEF0 e IDEF3
Recursos		IDEF0
Controles		IDEF0
Regras para fluxos paralelos e/ou alternativos	 &	Regra E
	 x	Regra OU
	 o	Regra E/OU
Movimentação		Fluxograma
Informação explicativa		IDEF0 e IDEF3
Fluxo de entrada no sistema modelado		
Ponto final do sistema		
Conexão com outra figura		

Fonte: Leal, Almeida e Montevechi (2008)

## 2.2 IMPLEMENTAÇÃO

Nesta fase, é construída o modelo computacional, a partir do modelo conceitual (SARGENT, 2010), no qual os analistas utilizam um software para construir o modelo. Com a construção do modelo computacional, é preciso verificar e validar a eficiência do modelo. Os passos de validação e verificação são importantes para pesquisa de simulação (SARGENT, 2010). Um modelo é considerado validado quando possui a exatidão necessária para cumprir as metas do modelo. Após a verificação e a validação, os resultados do modelo são analisados chegadas à última

etapa do projeto de simulação, a etapa de análise.

### 2.2.1 PRO-MODEL

Stiebitz (2001) relatou a evolução dos pacotes de simulação no mercado internacional aumentou no decorrer dos anos, esse desenvolvimento tornou o uso mais frequente pelos interessados, os quais não necessariamente precisam ser especialistas em software. Com isso nota-se o uso do ProModel desenvolvido pela empresa Promodel Corporation.

A empresa Belge Engenharia é focada em projetos por simulação, para empresas de diversos segmentos no mercado, e utilizam o Promodel como ferramenta há vários anos, adquirindo uma experiência quanto ao seu uso. O ProModel, é um software de simulação de eventos discretos, que se encontra locais, entidades, processos, entre outros, ele permite fazer a modelagem de um sistema, incorporando suas variabilidades e interdependências para possibilitar a análise de uma sugestiva mudança, e a assim otimizar sistemas e melhoria nos indicadores.

Segundo Cardoso e Joaquim Junior (2016) basicamente, ele pode ser realizado por meio de ícones e imagens, sendo um modelo computacional obtendo assim uma computação gráfica.

### 2.3 ANÁLISE

Nessa fase, os resultados obtidos são analisados e encontram-se aptos a apoiarem a tomada de decisões. Caso necessário o modelo pode ser alterado e o ciclo reiniciado (CHWIF; MEDINA, 2010). Por último, com os resultados da análise é gerado o relatório final constando todo o processo e as dificuldades do projeto.

### 2.4 ATENDIMENTO – MEDICO HOSPITALAR

É função do ministério da saúde dispor de condições para a proteção e recuperação da saúde da população, reduzindo as enfermidades, controlando as doenças endêmicas e parasitárias e melhorando a vigilância à saúde, dando, assim, mais qualidade de vida ao brasileiro, segundo site. O atendimento médico hospitalar pode ser considerado humanitário, porém o “descaso com a saúde pública” no Brasil vem aumentando frequentemente, envolvendo desde a falta de medicamentos até o

atendimento. A demora em ser realizado um atendimento eletivo vem aumentando cada vez mais no decorrer dos anos, causando assim problemas difíceis de solucionar, um desses é a geração de filas involuntária.

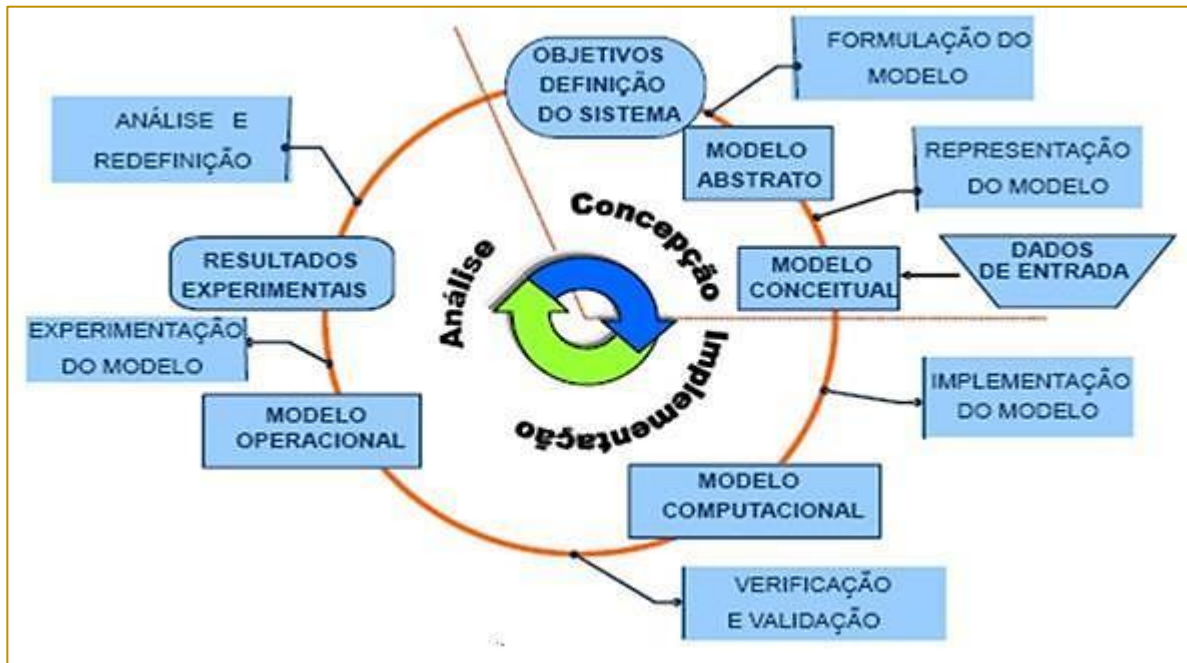
Segundo Bonato (2011), hospitais são instituições prestadoras de serviços de uma alta relevância social, possuindo alta complexidade e peculiaridade, portanto a prática da “Qualidade” adquire enfoque e diferencial específicos. Conhecer a história, evolução e funcionamento dos hospitais permite delinear o cenário em que se configuram as ações da “Qualidade”, que deram início às práticas que tiveram suas primeiras iniciativas nos setores voltados a produtos, e se aproximando posteriormente da área de prestação de serviços, como saúde, educação e outros. Com a ajuda da qualidade e da modelagem pode-se diminuir as filas.

## 3 MÉTODO DE PESQUISA

Segundo Chung (2004), a modelagem e simulação é o processo de criar e experimentar um sistema físico através de um modelo matemático computadorizado. Um sistema pode ser definido como um conjunto de componentes ou processos que se interagem e que recebem entradas e oferecem resultados para algum propósito.

O propósito desta pesquisa é a elaboração do mapeamento IDEF-Sim para uma Policlínica na rede pública com o objetivo de verificar como o sistema opera, desenvolver práticas operacionais e os recursos para aperfeiçoar o desempenho do sistema, testar novos conceitos e/ou sistemas antes de implementá-los, além de obter informações sem interferir no funcionamento do sistema atual. Sendo assim, optou-se por utilizar o método de modelagem e simulação, cujo modelo é apresentado na figura 2.

Figura 2 – Modelo de Pesquisa para Modelagem e Simulação



Fonte: CHWIF e MEDINA (2007)

No ciclo de Mitroff *et al.* (1974) na fase de concepção, o pesquisador deve compreender claramente o sistema a fim de desenvolver um modelo conceitual do problema que gostaria de estudar. A técnica escolhida para a criação deste modelo conceitual foi o IDEF-Sim que foi uma técnica desenvolvida por Leal, Almeida, Montevechi, (2008), definida como uma técnica conceitual, possuindo uma característica marcante, a identificação lógica de aplicação. Alguns benefícios desta técnica são:

- Reduzir o tempo gasto na modelagem computacional;
- Ajudar no processo de validação do modelo junto com os especialistas;
- Contribui para a documentação do projeto de simulação, deixando registradas as lógicas utilizadas no processo;
- Permite melhor entendimento do modelo por parte dos futuros leitores;
- Define as variáveis relevantes do problema.

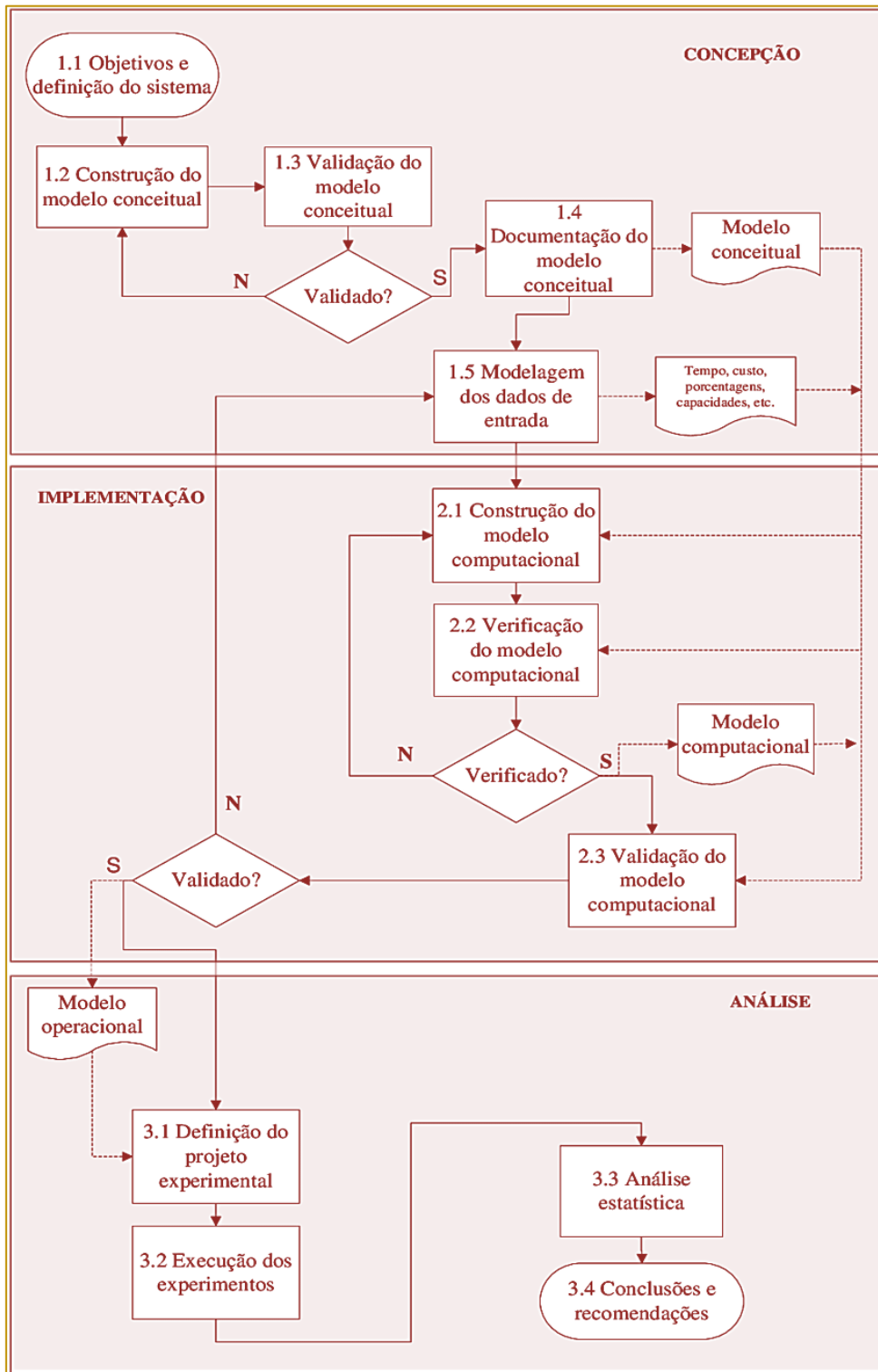
Em seguida, na fase de Modelagem, o modelo conceitual é convergido em um

modelo computacional utilizando o software ProModel que define as relações causais entre as variáveis selecionadas na primeira fase. Já na fase de análise, utiliza-se o modelo computacional está pronto para a realização do experimento, dando origem ao modelo experimental ou modelo operacional. Nesta etapa são efetuadas várias rodadas do modelo e os resultados da simulação são analisados e documentados.

A partir dos resultados das simulações, algumas conclusões e recomendações sobre o sistema podem ser geradas. Caso o resultado não seja satisfatório, o uso do software ProModel, nos possibilitar modificar o modelo e reiniciar o ciclo de simulações e teste. E finalmente, na fase de implementação, os resultados do modelo são aplicados.

Tais passos estão dispostos na Figura 3 e serão a base para metodológica desta pesquisa, enfatizando a modelagem e simulação de um ambiente médico hospitalar dentro de uma pesquisa axiomática descritiva, buscando os objetivos já citados.

Figura 3 - Etapas de um projeto de simulação



Fonte: Montevechi *et al.* (2010)

## 4 DESENVOLVIMENTO

### 4.1 CONSTRUÇÃO DO MODELO CONCEITUAL

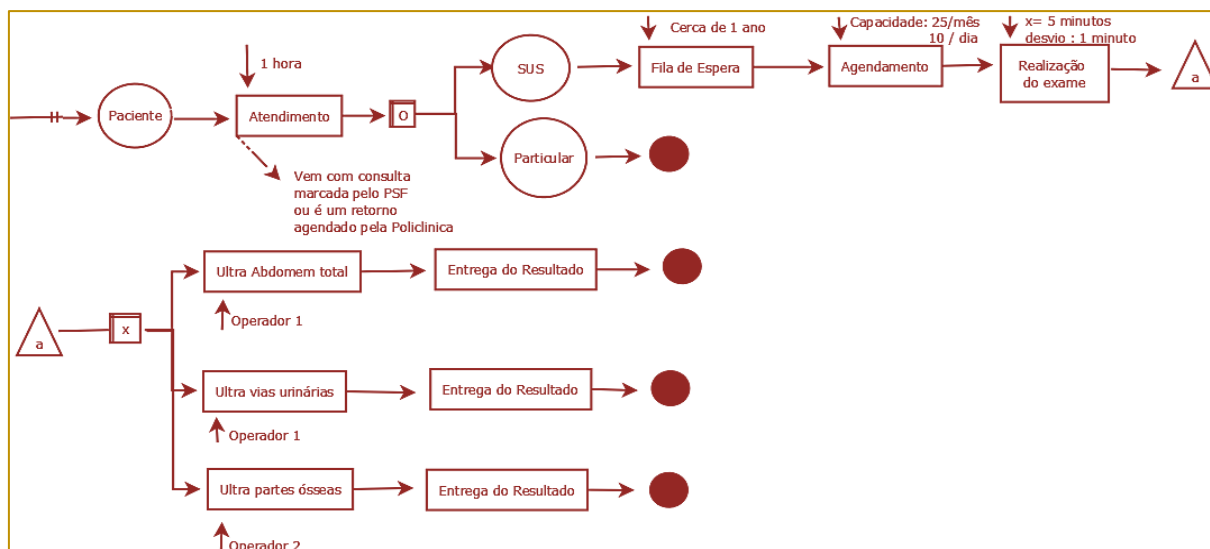
Para o desenvolvimento foi seguido os três passos da simulação. O primeiro é a fase de concepção, que cita um pouco sobre a instituição estuda e como foi desenhado o IDEF-Sim.

A policlínica do sudoeste mineiro é respectivamente uma Unidade de Atenção Secundária à Saúde e de Apoio Diagnóstico, que integram a rede de atenção à saúde do município de Passos-MG. O papel assistencial desses serviços é de oferecer consultas médicas especializadas e exames especializados, tais como ultrassonografias, eletrocardiograma, radiografias, pequenas cirurgias, punção de tireoide e coleta de material para biópsia. Realizados na própria policlínica. Os atendimentos são realizados a partir de agendamento prévio pelas unidades de saúde via sistema de informatização de gestão, e o usuário comparece com dia e hora já definidos, pois se trata de atendimentos eletivos. Retornos às consultas especializadas são agendados geralmente no dia vinte e oito do mês para mês subsequente.

Para a aplicação do método, foi escolhida para o estudo a fila de ultrassonografia, por ser um dos setores onde hoje se encontra com maior geração de filas, e com somente dois médicos para a realização.

Para a construção do IDEF-Sim foi coletado os seguintes dados: O paciente chega à policlínica São Lucas, com dia e hora marcada via PSF se for primeira consulta ou se for retorno é marcado na própria policlínica, para ser atendido demora cerca de uma hora dependendo de sua ordem, pois é colocada em ordem de chegada, depois de realizado a consulta e o medico ter solicitado o exame de ultrassonografia, o paciente escolhe se ira pagar para a realização ou entrar na fila (fila que hoje demora cerca de um ano mais o menos dependendo do ultrassom), se ele optar por entra na fila é gerado um número de protocolo e colocado em sua devida ordem, quando chegada sua vez ele é agendado (são agendado mais o menos 25 atendimentos pela policlínica ao mês, sendo 10 por dia, os PSF também agendam ultrassons porém a maioria é obstétrico que geralmente não tem uma demanda tão grande quanto as dos outros tipos de ultrassons), com isso é realizado o ultrassom na data marcada, cada tipo de ultrassom demora em media de 3 a 10 minutos, dependendo da complexidade do exame e o diagnostico do paciente, os tipos de ultrassom analisados, são: Ultrassom do abdome total, vias urinárias que é realizados por um médico, e o outro medico realiza os ultrassons de partes ósseas, por fim é gerado o resultado que demora cerca de 7 dias uteis para estar pronto. A figura 4 mostra todos os passos citados antes, foi modelado o IDF-SIM no programa DIA.

Figura 4 – Representação gráfica do processo da fila de ultrassonografia



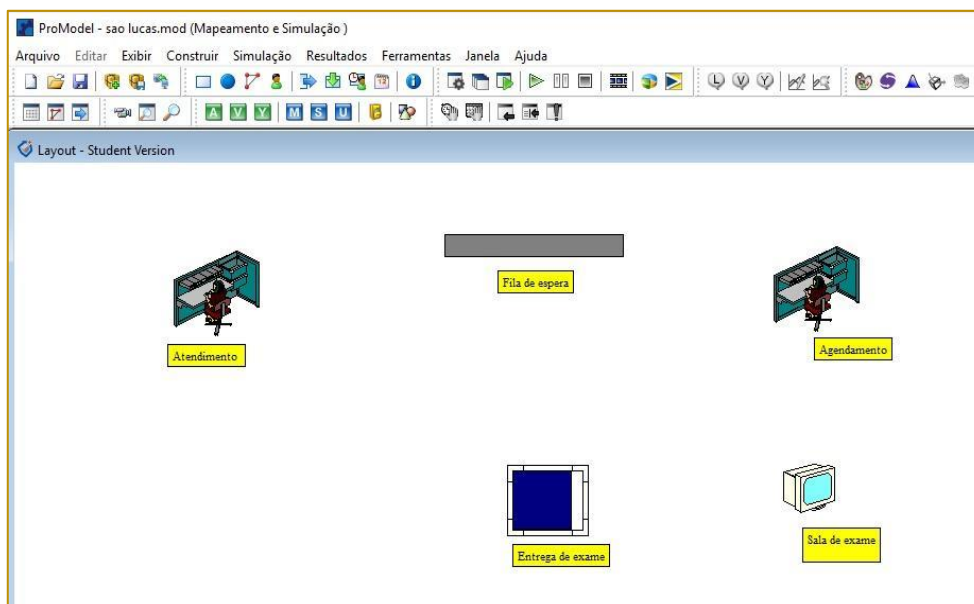
Fonte: do Autor

## 4.2 CONSTRUÇÃO DO MODELO COMPUTACIONAL

A fim de explorar a capacidade de adaptação da técnica de modelagem conceitual IDEF-Sim, o software escolhido para o

desenvolvimento do modelo computacional foi o software ProModel, o qual é um dos mais utilizados no Brasil (BATEMAN *et al.*, 2013). A figura 5 demonstra como foi elaborado o layout dentro do programa, representando assim o modelo computacional.

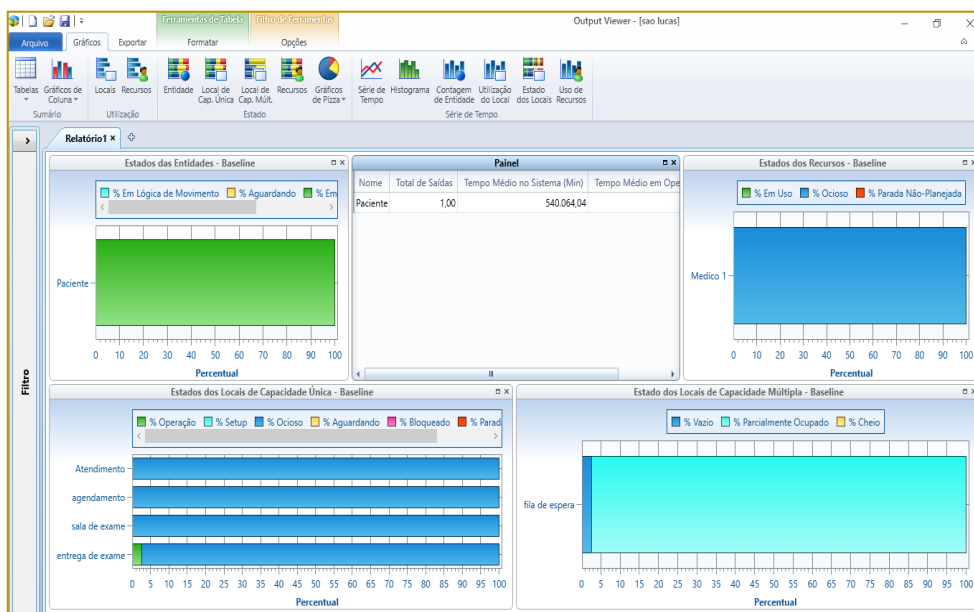
Figura 5 – Modelo computacional da fila de ultrassonografia



Fonte: do autor

Ao executar o modelo computacional, foram observados alguns resultados, como mostra a figura 6.

Figura 6 – Resultado obtidos



Fonte: do autor



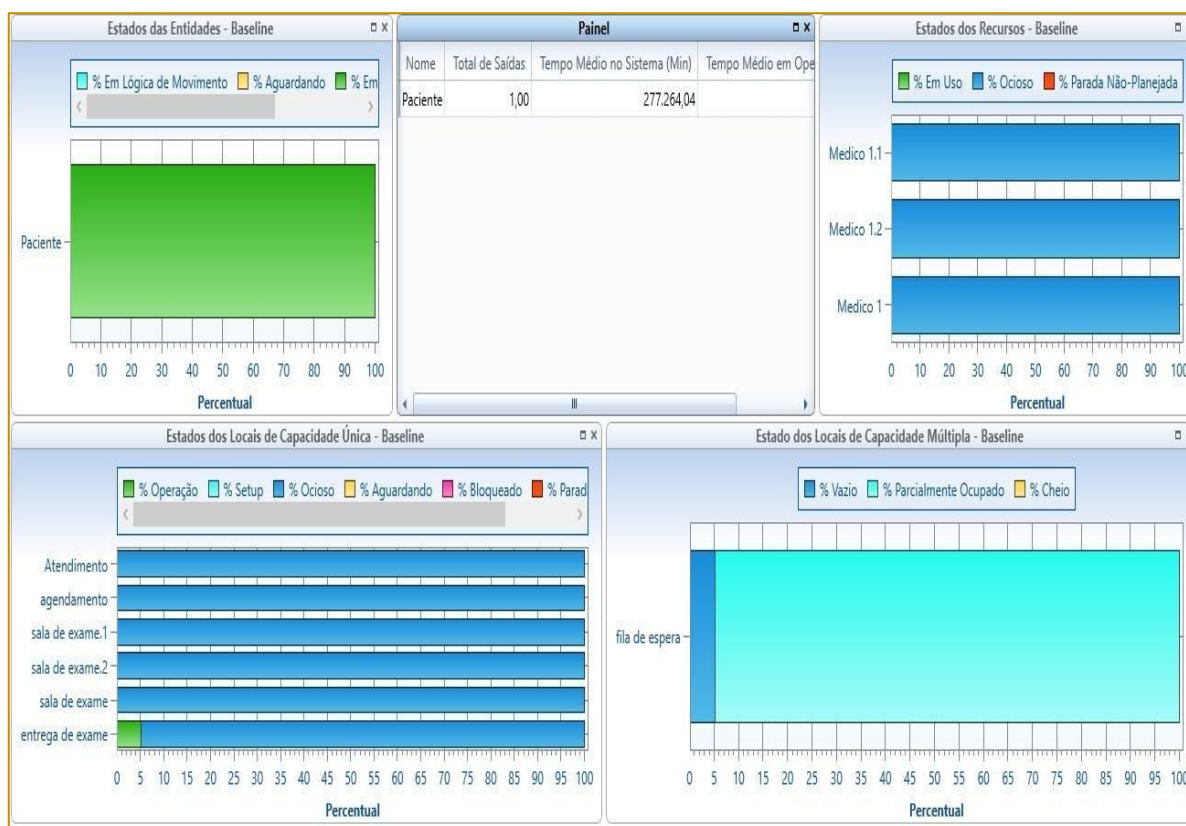
Notou-se que o paciente fica um bom tempo em espera para a realização do ultrassom, sendo que estes exames deveriam ser realizados com certa urgência para o fim do diagnóstico clínico. Como se encontra somente um funcionário acredita-se que este seria o gargalo do sistema, não foi possível visualizar a capacidade do sistema.

funcionário, é possível se pensar em melhorias, se contratar mais um funcionário para a solução do ponto de espera para ser realizado o exame. Também poderia sugerir o aumento da jornada de trabalho do funcionário. Porém a um grande empecilho, por ser uma rede pública de saúde, depende-se de verbas para assim possa realizar o problema estudado.

#### 4.3 MELHORIA DO PROCESSO

Mesmo não podem avaliar a capacidade do processo, devido ser ter somente um

Figura 7 – Discussão com mais de um médico



Fonte: do autor

Tabela 1: Comparação de resultados

	Com 1 médico	Com 2 médicos
Tempo no sistema	54006402	27726404
Médicos	100% ocioso	100% ocioso
Locais	100% ocioso	100% ocioso
Entre de exame (local)	Somente 2,5% em operação	Somente 5% em operação
Fila de espera	2,5% vazio	5% vazio

## 5. CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como objetivo utilizar a ferramenta, simulação a eventos discretos, a fim de apresentar possíveis soluções para a fila de ultrassonografia, objeto deste trabalho tratou-se da elaboração de um mapeamento de processos por meio da técnica IDEF-Sim em uma Policlínica e fazendo sua devida simulação, foi indicado a necessidade encontrada no setor, onde leva o paciente a ficar quase um ano em fila esperando para a realização do exame, a solução proposta foi a contratação ou o aumento da jornada de trabalho do operador, porém essa solução depende de verbas do estado por ser tratar da rede pública de saúde.

A pesquisa foi iniciada com a aplicação da simulação no objeto de estudo, por meio de entrevistas, cronometragem do tempo de duração de cada exame, coleta de dados, para a compreensão do processo que seria simulado, onde se adapta a primeira fase de simulação. Em seguida, foi possível construir o modelo conceitual pela técnica de IDEF-Sim.

Seguindo para a segunda fase do projeto de simulação, já com todos os dados em mão, foi possível construir o modelo o modelo computacional pelo ProModel. Foi realizada a verificação do modelo e feita a validação. Após algumas rodadas do modelo computacional, podem-se analisar os dados obtidos da simulação e propor melhorias.

Os resultados apresentados que o paciente demora cerca de um ano na fila de ultrassom para a possível realização do exame, e quando este é realizado e o paciente fica menos de cinco minutos se movimentando dentro do processo. Foi notado também que o setor de atendimento aonde o paciente chega para a realização da consulta deve-se ter um atenção especial para este local, pois se os prontuários fossem somente um, os médicos poderiam diminuir a quantidade de exames pedidos, pois muitas às vezes o paciente tinha mais de um ultrassom com a mesma finalidade. Alterações neste local certamente irão trazer grandes contribuições para a melhoria do sistema.

Este trabalho apresentou a aplicação da modelagem e simulação a eventos discreto no atendimento médico-hospitalar, ressaltando assim, a importância que a simulação vem ganhando em sua aplicação em diversos setores e áreas. O uso do objeto de estudo permitiu analisar o processo e apresentou alguns resultados importantes, que desta maneira, pode realizar alterações no sistema, a fim de melhorar o tempo de espera para a realização do exame, sem alterar a qualidade da policlínica. O trabalho é sugerido para futuras pesquisa sobre a melhoria do tema, pois é possível realizar varias mudanças no processo.

## REFERÊNCIAS

- [1]. BALCI, O. Verification, validation, and certification of modeling and simulation applications. *In*: Winter Simulation Conference, Proceedings WSC, New Orleans Louisiana, USA, 2003.
- [2]. BANKS, J. Handbook of simulation: Principles, Methodology, Advances, Applications, and Practice. New York: John Wiley & Sons, Inc., 1998. 864p.
- [3]. BANKS, J.; CARSON II, J. S.; NELSON, B. L. e NICOL, D. M. Discrete-event Simulation. 4. Ed. New Jersey: Prentice-Hall, 2005.
- [4]. BONATO, V. L. Gestão de qualidade em saúde: melhorando assistência ao cliente. Revista O Mundo da Saúde. São Paulo-SP 23 de maio de 2011.
- [5]. BORGES, E. S.; FIDELIS, F. G.; MORAES, M. V.; VILELA, T. G.; JUNIOR, J. S. F.; Determinação da capacidade de um setor de coprocessamento de pneus inservíveis por meio de modelagem e simulação computacional. *In*: SESC Mineiro de Grussai, São João da Barra – Rio de Janeiro, 2015. Anais do I Encontro interestadual de engenharia de produção, Rio de Janeiro 2015.
- [6]. CHO, S. A distributed time driven simulation method for enabling real time manufacturing shop floor control. Computers & Industrial Engineering, n. 49, p. 572-590, 2005.
- [7]. CHWIF, L.; MEDINA, A.C. Modelagem e Simulação de Eventos Discretos: Teoria e Aplicações. São Paulo: Bravarte, 2010, 309p.
- [8]. GARZA-REYES, J.A.; ELDRIDGE, S.; BARBER, K.D.; SORIANO-MEIER, H. Overall equipment effectiveness (OEE) and process capability (PC) measures: a relationship analysis. International Journal of Quality & Reliability Management, v.27, n.1, p. 48-62, 2010.

- [9]. HARREL, C. R.; GHOSH, B. K. E BOWDEN, R. Simulation using promodel. 2. ed. New York: McGraw-Hill, 2004.
- [10]. JEONG, K.Y. Conceptual frame for development of optimized simulation based scheduling systems. *Expert Systems with Applications*, v.18, n.4, p. 299–306, 2000.
- [11]. LEAL, F.; ALMEIDA, D.A; MONTEVECHI, J.A.B. (2008) Uma Proposta de Técnica de Modelagem Conceitual para a Simulação através de elementos do IDEF. *in: Anais do XL Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional*, João Pessoa, PB. 2008.
- [12]. MINISTÉRIO DA SAÚDE. Disponível em: <http://portalsaude.saude.gov.br/index.php/o-ministerio#58>. Acesso: 19/11/2016.nn
- [13]. MITROFF, I. I.; BETZ, F.; PONDY, L. R.; SAGASTI, F. On managing science in the system age: two schemas for the study of science as a whole system phenomenon. *Interfaces*, v.4, n.3, p.46-58, 1974.
- [14]. MONTEVECHI, J. A. B.; PINHO, COSTA, R. F. S.; OLIVEIRA, M.L; SILVA, A.L.F. Conceptual Modeling in Simulation Projects by Mean Adapted IDEF: an Application a Brazilian Tech Company. *in: WINTER SIMULATION CONFERENCE*, Baltimore, MD, USA, 2010.
- [15]. NANCE, R. E. A history of discrete event simulation programming languages, New York: ACM press, 1993.
- [16]. PEREIRA, T. F.; MONTEVECHI, J. A. B.; FRIEND, J. D. Análise do impacto dos tempos de inspeção e capacidade produtiva através da simulação a eventos discretos em uma empresa automobilística. *in: Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional*, 36, Rio de Janeiro, 2012. *Anais do XLIV SBPO*, Rio de Janeiro, 2012.
- [17]. PERERA, T.; LIYANAGE, K. Methodology for rapid identification and collection of input data in the simulation of the manufacturing systems. *Simulation Practice and Theory*, n.7, p. 645–56, 2000.
- [18]. SAKURADA, N.; MIYAKE, D.I. Aplicação de simuladores de eventos discretos no processo de modelagem de sistemas de operações de serviços. *Gestão da Produção*, São Carlos, v. 16, n. 1, p. 25-43, 2009.
- [19]. SANDANAYAKE, Y. G.; ODUOZA, C. F.; PROVERBS, D. G. A systematic modelin and simulation approach fo JIT performance optimization. *Robotics and Computer-Integraded Manufacturing*, v. 24, n. 6, p. 735-743, 2008.
- [20]. SARGERNT, R. G. Verification and validation of simulation models. *in Winter simulation conference. Proceeding WSC*, Phoenix, AZ, USA, 2011.
- [21]. STIEBITZ, P. H., The future of Simulation Ain't What it Used To Be, Rochester Inst. Of Technology – Center for Industrial Excellence, Promodel Users Conference (Utah-EUA), 2001.

# Capítulo 9

## *A IMPORTÂNCIA DA IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA RT/ESD (REGISTRO DE TESTES DE DESCARGAS ELETROSTÁTICAS) COMO REDUÇÃO DE CUSTOS NOS PROCESSOS*

*Jefferson Brandão da Costa*

*José Roberto Lira Pinto Júnior*

*Mauro Cezar Aparício de Souza*

*Marcos Bandeira Amorim*

*Rafhael Lage de Farias*

**Resumo:** O artigo abordar aspectos que norteiam a importância da implementação do sistema RT/ESD (Registro de testes de descargas eletrostáticas) como redução de custos nos processos. Além de apresentar a forma obsoleta de como era realizado estes registros. Constatou-se durante a pesquisa que a falta de disciplina de alguns colaboradores em não realizar os testes antiestáticos corretamente, gerava grandes prejuízos e custos desnecessários para a organização. A implementação do sistema RT/ESD apresentou resultados significativos, transformando dados em informações geradas, para auxiliar na tomada de decisão. Por fim, os resultados apresentados por esta pesquisa, foram de grande relevância para a empresa em estudo, para ajudar registrar todas as ações de não-conformidade, bem como eliminar desperdícios, erros, ociosidade e gerando gráficos estatísticos na apresentação de seus resultados. Para o desenvolvimento do presente artigo, foram utilizadas as principais metodologias de pesquisa, tais como: Pesquisa bibliográfica, pesquisa de campo e estudo de caso.

**Palavras-Chave:** Sistema RT/ ESD; Testes ESD; Custos; Melhoria Contínua.

## 1. INTRODUÇÃO

Em busca de redução de custo as empresas enfrentam desafios de controlar os custos operacionais, gerenciais, administrativos, comerciais, industriais ou de qualquer natureza, mas que compõe a integração de seus processos.

Os Sistemas de Informação se apresentam como a melhor proposta para integrar, controlar, distribuir e gerenciar todo fluxo de informações presentes numa organização ou dentro das muitas etapas do processo. O RT/ESD (*Electrostatic Discharge*) é um sistema que quando implementado no processo produtivo ajuda a registrar todas as ações de não conformidade de seus usuários, eliminando desperdícios, erros, ociosidade e gerando gráficos estatísticos na apresentação de seus resultados.

O estudo foi realizado na empresa DBI componentes LTDA, Fundada desde a década de 70 na cidade de Nova Taipé, Taiwan. Possui uma planta no polo Industrial de Manaus, localizada no Distrito Industrial, que atua no mercado na produção de produtos *Set-Top box*. Por motivos éticos, optou-se por um nome é fictício.

Entretanto, através do estudo foi possível detectar algumas falhas no processo produtivo, tais falhas, pode-se mencionar a falta de disciplina de alguns funcionários em não realizar os testes antiestáticos corretamente, utilizando apenas um formulário obsoleto para controlar o registro destes testes, gerando assim, prejuízos expressivos, além de comprometer a imagem da companhia junto aos seus clientes. Com as observações realizadas, surgiu a seguinte questão. Como eliminar este problema e como reduzir os custos gerados pelo o mesmo?

O objetivo geral deste artigo é apresentar uma proposta simples e eficiente na redução de custos operacionais causados pela ESD (Através da implementação do sistema RT/ESD. Tendo como objetivos específicos: Avaliar a principal não conformidade do processo e demonstrar o sistema antiestático; Analisar os indicadores operacionais; Propor um método simples e eficaz para a melhoria dos processos.

Este artigo destaca a importância dos sistemas, na automação, controle e alcance de resultados. O mercado atual é formado por indústrias que inovam diariamente como

estratégias para crescerem ou se manterem diante da globalização que se configura como uma nova ordem econômica.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 FATORES QUE INFLUENCIAM PARA UMA BOA GESTÃO NA PRODUÇÃO

Entende-se que a função deste gerenciamento além de manter os resultados satisfatórios. Tem a preocupação de obter a satisfação financeira da empresa. Por meio de normas e procedimentos, que se atendam os objetivos esperados. Envolvendo o supervisor da operação sobre a responsabilidade pelos erros e defeitos assim como a correção deste problema. E mantendo os operadores bem informados sobre as técnicas e método de controle facilitando o conhecimento das causas que possam comprometer a qualidade dos produtos.

Para Martins (2015), produzir não se configura apenas em aproveitar conhecimentos bem fundamentados. Devem-se integrar diversos fatores tais como ter foco nos critérios de qualidade, produtividade, custos, responsabilidade social”. Ou seja, cabe ao gestor e sua equipe entender a importância de estabelecer desafios constantes para o sistema produtivo. De modo que seja possível alcançar níveis melhores que terão impactos positivos em todas as dimensões de seu sistema produtivo.

### 2.2 REDUÇÃO DE CUSTOS E AUMENTO DA PRODUTIVIDADE

Toda empresa quer aumentar o desempenho de sua produção, lucro, sem precisar aumentar custos. Para isso são grandes os esforços que elas precisam para influenciar positivamente em seus negócios. A produtividade está ligada com a transformação de entradas e saídas. Os processos das organizações que transformam matérias primas em pacotes de valor a serem entregues aos clientes se tornam mais produtivas quando passam a utilizar menos recurso para produzir um mesmo produto, com as mesmas características.

Segundo Alencar (2016), a capacidade de uma companhia atender os requisitos de qualidade de produtos e serviços, prazos de entrega e preços que garantem atender as demandas e expectativas dos clientes é de suma importância para seu futuro. No



processo de redução de custo o argumento bastante utilizado é: Os gastos estão no limite, não há mais o que reduzir. Toda corporação que já enfrentou e venceu uma crise financeira, sabe que não existem despesas irreduzíveis. A forma mais eficiente para retenção de consumo é a diminuição do estoque da dívida. Porém, isto só é possível quando a geração do caixa for suficiente.

Atualmente, não existe nenhuma grande empresa que não possua um sistema ou equipe de melhoria. Focar esforços cada vez mais com objetivo de melhorar a produtividade e qualidade dos produtos de uma organização, geralmente resulta em maior satisfação interna e externa. Isto é, garantindo melhores resultados na produção, diminuição de defeitos, menores atrasos e redução de custos.

De acordo com Alencar (2016), os colaboradores de uma companhia são o recurso mais valioso que ela possui. Portanto, ressalta-se a importância de mantê-los sempre motivados, pois, caso o contrário, o desempenho deles se torna ameaçado. Na procura de bens e serviços a velocidade das decisões do gestor, se torna importante. De modo que as oportunidades de negócios podem ser perdidas para outros concorrentes.

### 2.3. INTEGRAÇÃO DE SISTEMA

A integração entre sistemas de informação é um dos tópicos mais importante no processo de desenvolvimento de *software* adaptando componentes, plataforma de desenvolvimento ou subsistemas para identificação de problemas com interação. Embora seja uma atividade muito comum. Ainda se tem muitas dificuldades mesmo com existência de técnicas, ferramentas e melhores práticas.

Para Sommerville (2005), os prazos de entrega de um projeto podem ser comprometidos durante a negociação da solução de problemas, quando os programadores de sistema identificar algo de errado na interação entre subsistemas. Porém, um programa em determinadas condições pode trazer muitos benefícios para as empresas:

- Redução dos custos das operações;
- Melhoria no acesso às informações;
- Relatórios mais precisos com menor esforço;

- Melhoria na produtividade;

Isto é, assegurando o fortalecimento do processo de gestão da corporação para obter o diferencial de atuação, e vantagem competitiva. Afirma Lee (2008), geralmente na integração de sistemas segue-se o padrão Develop-Build-Fix o qual é realizado a customização de uma funcionalidade específica, caso apresente algum problema, é feita a correção.

#### 2.3.1 SISTEMAS DE INFORMAÇÃO - SI

O sistema de informação tem como objetivo principal coletar, processar e transformar dados em informações que são geradas para a tomada de decisões. Possuem cinco principais recursos:

- Recursos humanos;
- Recursos de hardware;
- Recursos de software;
- Recursos de dados;
- Recursos de rede;

Para Oliveira (2008), na maioria das organizações que utilizam sistemas. Os programas gerenciais são de suma importância para estas companhias, pelo fato de existir muitos dados com a necessidade de interpretá-los para que se tornem informação.

Com o grande crescimento do volume de informação que as empresas veem adquirindo durante os anos. Surgiu a necessidade de informatizar seus processos. Os sistemas de informação desempenham papéis importantes em qualquer entidade. Eles apoiam na tomada de decisão de seus funcionários e gerentes, na estratégia em busca de vantagem competitiva.

#### 2.3.2 SISTEMAS WEB

A tecnologia Web tem ganhado bastante espaço no mercado como mecanismo de acesso a vários tipos de sistemas de informação.

O funcionamento da tecnologia Web é relativamente muito simples. O repositório, ou seja, documentos armazenados no servidor. Podem ser acessados a partir de qualquer computador ligado à rede. Seja uma rede local ou pela rede mundial de computadores,



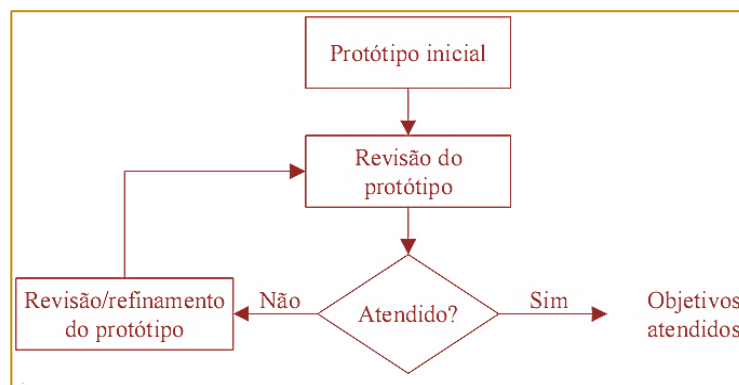
a internet. Com este avanço, podem-se realizar tarefas sem sair de casa. Como realizar uma transação bancária, efetuar compras, pagamentos, matrículas, inscrições, cursos online, notícias e etc..

Para Bottentuit et al (2008), objetivo principal através da Web 2.0, é fazer com que a Web se torne um ambiente social e acessível a todos os usuários. Ou seja, onde cada um possa selecionar e controlar informações de acordo com que precisa. O desenvolvimento de um sistema envolve as seguintes fases:

Coletas de requisitos, análise de requisitos, modelagem de UML (*Unified Modeling Language*), desenvolvimento, testes e implementação.

A característica básica necessária para definir os critérios de aceitação de um projeto de construção de sistema são os requisitos. Pois, através da coleta de requisitos que são definidas as necessidades mais importantes da empresa, para que possa ser identificadas as solicitações e o valor agregado pelo sistema.

Figura 1 – Processo de prototipação

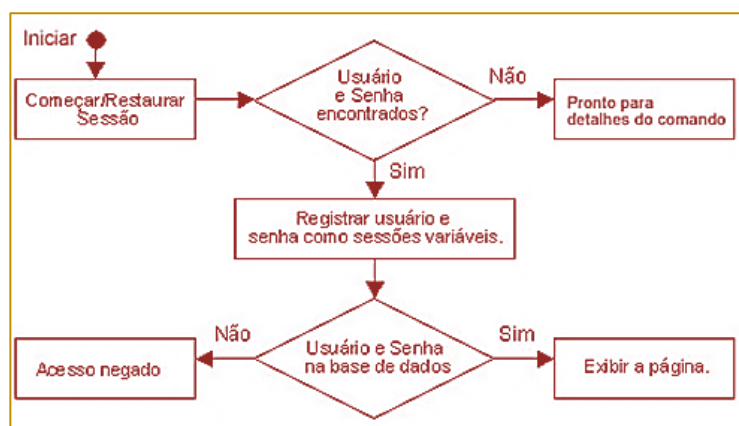


Fonte – Adaptado pelo autor

Caso não atenda os requisitos pretendidos, novas iterações são realizadas produzindo novos protótipos. As iterações são finalizadas quando os requisitos forem atendidos. “De

acordo com Paula Filho (2011), na iteração em fases posteriores, existe sempre a necessidade de revisão e alteração em fases anteriores”.

Figura 2 – Diagrama de fluxo de Dados (DFD)



Fonte – Adaptado pelo autor

## 2.4 SISTEMAS GERENCIADORES DE BANCO DE DADOS - SGBD

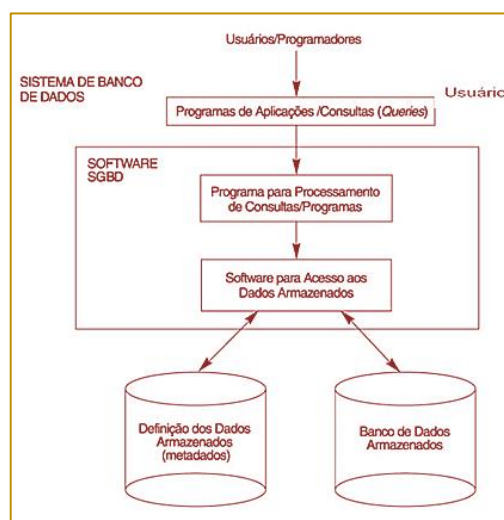
Um banco de dados é uma coleção de tabelas relacionadas que são geralmente integradas, vinculadas ou referenciadas a outro. Os registros contidos nas tabelas podem ser facilmente organizados e recuperados utilizando *software* de gestão especializado chamado de sistema gerenciador de banco de dados (SGBD).

Um sistema de gerenciamento de banco de dados é um conjunto de programas que permite aos usuários criar, editar, atualizar, armazenar e recuperar dados de uma tabela. Dados em um banco de dados também chamados de tuplas. Podem ser acrescentados, apagados, alterados.

- Dados de comércio eletrônico;
- Dados de navegação de internet;
- Dados de compras de clientes em grandes lojas de departamentos, supermercados;
- Dados de transações bancárias, ou de cartão de crédito;

Segundo Mendes e Maciel (2006), um SGBD desempenha funções importantes como: Processamento e otimização de consultas, e também atua no processamento de transações e na recuperação. A figura abaixo mostra um exemplo do funcionamento de um banco de dados:

Figura 3 – Exemplo simplificado do funcionamento de um banco de dados



Fonte – Adaptado pelo autor

## 3 ESD – DESCARGA ELETROSTÁTICA

ESD (*Electrostatic Discharge*) ou Descarga Eletrostática é a súbita e rápida transferência de carga elétrica de um objeto para outro com diferentes potenciais eletrostáticos. Essa descarga também pode ocorrer quando os corpos estão muito próximos ou quando estão em contato direto. Os danos decorrentes são uns dos problemas mais sérios na indústria de eletrônicos.

Segundo Braga (2014) os efeitos da ESD sobre componentes eletrônicos são absolutamente nocivos. Um componente pode apresentar falha total, desempenho

comprometido, expectativa de vida útil reduzida ou produzir erros de operação.

## 4 METODOLOGIA

Definir-se a pesquisa como um procedimento sistemático e racional para oportunizar respostas aos problemas que são propostos. A pesquisa é estruturada através de processo de inúmeras fases, adequando a formulação do problema à satisfatória apresentação dos resultados.

Para o desenvolvimento do presente artigo, foram utilizadas as principais metodologias de pesquisa, tais como: Pesquisa bibliográfica, pesquisa de campo e estudo de caso. De

acordo com Gil (2008), afirma que uma pesquisa bibliográfica é desenvolvida com base em material que já tem sido elaborado, constituído principalmente de livros e artigos científicos.

No entanto, afirma Gil (2008), uma pesquisa de campo, procura o aprofundamento de uma realidade específica. Isto é, basicamente realizada através da observação direta das atividades do grupo estudado e de entrevistas para se obter explicações e interpretações

## 5 RESULTADOS

### 5.1 AVALIAR A PRINCIPAL NÃO CONFORMIDADE DO PROCESSO

Visto que, para uma empresa é de bom senso econômico assegurar que cada trabalhador tenha e use ferramentas essenciais na prevenção contra ESD. Pois antes de entrarem em qualquer área sensível a estas descargas, eles devem usar calcanheira antiestático em cada sapato, ou como alternativa também pode-se usar sapatos para ESD. Deve-se usar uma pulseira de aterramento durante o manuseio de produtos eletrônicos. E por fim, o colaborador deve

utilizar um jaleco especial quando estiver em um espaço de trabalho sensível à ESD.

Depois de vestirem as calcanheiras ou sapatos, a pulseira e o jaleco. Toda pessoa que entrar na área sensível à ESD deve testar o funcionamento de seus equipamentos em uma estação de teste. Se o teste falhar, será necessário verificar se a pulseira ou sapatos estão em bons estados e vestidos de maneira adequada e corrigir o problema antes de prosseguir.

Conforme mencionado anteriormente, a falta de disciplina de alguns colaboradores em não realizar os testes antiestáticos corretamente, utilizando apenas um formulário obsoleto para controlar o registro destes testes, gera prejuízos expressivos, além de comprometer a imagem da companhia junto aos seus clientes. Pois o formulário era ineficaz como garantia segura de que os colaboradores estavam realizando seus testes. O que gerava grandes desperdícios com impressão de papel e toner de impressora. Além do acúmulo de fila gerada para realização dos testes, tempo de espera que era bastante alto, principalmente quando se precisavam imprimir mais formulários, ou seja, a produção era prejudicada não apenas com as descargas ESD, mas também o tempo perdido.

Figura 4 – Modelo do Formulário utilizado para registro dos testes ESD

CONTROLE DE TESTE DE PULSEIRA E SANDALIA ESD																																
DEPARTAMENTO:	MÊS / ANO:	PULSEIRA ANTI-ESTÁTICA <input checked="" type="checkbox"/>	CALÇADO ANTI-ESTÁTICO <input checked="" type="checkbox"/>	SÁBADO/DOMINGO <input checked="" type="checkbox"/>																												
NOME	MAT.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Página 1																																
<p>1. Todo o pessoal que entra no processo SMT, <u>DEVE</u> testar sandálias e pulseira ESD. O teste é feito uma vez por dia mesmo que a frequência de entrada seja mais de uma vez por dia.</p> <p>2. Para sandália, marcar na parte inferior " <input checked="" type="checkbox"/> No quadrado. Teste aprovado marca "V". Reprovado marca "X". Ausente marca "O". Caso Reprovado, procurar Líder da área.</p> <p>3. Para pulseira, marcar na parte superior " <input checked="" type="checkbox"/> No quadrado. Teste aprovado marca "V". Reprovado marca "X". Ausente marca "O". Caso Reprovado, procurar Líder da área.</p> <p>4. Equipamento de Teste ESD: Sandália e Pulseira devem ser verificadas (em caso de equipamentos com defeitos, acionar líderes ou responsáveis de cada área).</p>																																

Fonte – Pesquisa de campo (2016)

Integrado com um equipamento de teste ESD usado para testar pulseiras e calcanheiras, o sistema realiza os testes em tempo real, capitando as informações do resultado do testador.

Abaixo as figuras demonstram o funcionamento do fluxo de teste através da integração do sistema com testador ESD

Figura 5 – Tela inicial para realização dos testes ESD

**- REGISTRO ESD**

FUNCIONÁRIO

Matrícula: 501101 X

Scannear o crachar com leitor de código de barras ou digitar matrícula

Total de registros

Lista

TOTAL: 102

Matrícula	Nome	Teste pulseira	Teste calcanheira	Data/Hora
501098	PEDRO IVAN DAS GRAÇAS PALHETA JUNIOR	-	-	10.08.2015 : 07 21 35
501724	TALON PHYLLIP	-	-	10.08.2015 : 07 14 59
501397	JOSÉ ROBERTO MAR	-	-	10.08.2015 : 07 14 51
501471	JERLAN DE ARAUJO	-	-	10.08.2015 : 07 13 20
501797	TAJANA REIS DOS SANTOS	-	-	10.08.2015 : 07 11 56
501592	FREDISON BEZERRA	-	-	10.08.2015 : 07 08 24
501210	SILFARLEI RAMOS	-	-	10.08.2015 : 07 06 14
501748	RAQUEL RABELO COSTA	-	-	10.08.2015 : 07 04 52
501525	SHEILA DE SOUZA GARCIA	-	-	10.08.2015 : 07 02 39
501133	PRISCILA ENCARNAÇÃO SAMIÁS	-	-	10.08.2015 : 07 02 01
501819	ALLAN ERIK DE ALMEIDA TAVARES	-	-	10.08.2015 : 07 01 42
501707	ANA RITA VAZ MOURMEH	-	-	10.08.2015 : 07 00 39
501607	SIMONI DE CASTRO BENTES	-	-	10.08.2015 : 06 59 42
501691	EWERTON PESSOA FRAZAO	-	-	10.08.2015 : 06 59 39

Fonte – Pesquisa de campo (2016)

Figura 6– Tela teste pulseira (Testando e aguardando envio do sinal do testador com resultado do teste)

**- REGISTRO ESD**

Teste Pulseira...

Fonte – Pesquisa de Campo (2016)

Figura 7 – Tela status do teste (Resultado do teste. Testador enviou sinal. Teste aprovado)

**- REGISTRO ESD**

APROVADO

Fonte – Pesquisa de Campo (2016)

Figura 8 – Tela teste calcanheira (Testando e aguardando envio do sinal do testador com resultado do teste)



Fonte – Pesquisa de Campo (2016)

Figura 9 – Tela status do teste (Resultado do teste. Testador não enviou sinal. Teste falhou )



Fonte – Pesquisa de Campo (2016)

Figura 10 – Tela inicial para realização dos testes ESD (Após concluído teste. Retorna para tela inicial)

The screenshot shows the software interface with a dark red header containing the text '- REGISTRO ESD'. Below the header, there is a section for 'FUNCIONÁRIO' with a 'Matricula' field. A red box highlights the text 'Resultado dos testes' with two arrows pointing to the 'Teste pulseira' and 'Teste calcanheira' columns in the table below. The table has a red header and contains 15 rows of data. Below the table, there is a 'Lista' section with 'TOTAL: 105'.

Matricula	Nome	Teste pulseira	Teste calcanheira	Data/Hora
501101	KAICO	APROVADO	FALHOU	10.08.2015 : 09 26 58
501130	JOSÉANE DE SOUZA OLIVEIRA	-	-	10.08.2015 : 09 16 03
501749	JADISON DOS SANTOS	-	-	10.08.2015 : 09 10 06
501098	PEDRO IVAN DAS GRAÇAS PALHETA JUNIOR	-	-	10.08.2015 : 07 21 35
501724	TALON PHYLLIP	-	-	10.08.2015 : 07 14 59
501397	JOSÉ ROBERTO MAR	-	-	10.08.2015 : 07 14 51
501471	JERLAN DE ARAUJO	-	-	10.08.2015 : 07 13 20
501797	TAIANA REIS DOS SANTOS	-	-	10.08.2015 : 07 11 56
501592	FREDISON BEZERRA	-	-	10.08.2015 : 07 08 24
501210	SILFARLEI RAMOS	-	-	10.08.2015 : 07 06 14
501748	RAQUEL RABELO COSTA	-	-	10.08.2015 : 07 04 52
501525	SHEILA DE SOUZA GARCIA	-	-	10.08.2015 : 07 02 39

Fonte – Pesquisa de Campo (2016)

O colaborador pode realizar apenas o teste da pulseira, ou somente calcanheira ou os dois. Isto depende da necessidade e função de cada colaborador. E pode ser definido na tela de cadastro dos colaboradores como mostrado na figura. Com a utilização do Software é notório o controle para identificar os colaboradores que estão realizando o teste corretamente, como também reduz a utilização de impressão e papel.

## 5.2 ANALISAR OS INDICADORES OPERACIONAIS

Para chegar a uma conclusão, foi possível analisar os indicadores de não conformidade do processo, no entanto, o investimento no Sistema de Informação se apresenta como a melhor proposta para integrar, controlar, distribuir e gerenciar todo fluxo de informações presentes numa organização ou dentro das muitas etapas do processo.

Um instrumento que propicia a mensurar as variações nas características de um sistema

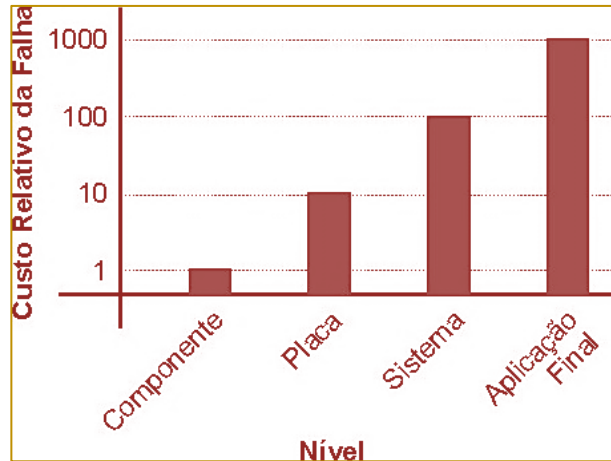
denomina-se como indicador, ou seja, os indicadores devem demonstrar as oscilações dos dados em um determinado período.

## 5.3 PROPOR AS PRINCIPAIS MELHORIAS DO PROCESSO

O impacto financeiro, e os danos à reputação da empresa, podem ser evitados, por meio de práticas bem implementadas como um sistema para gerenciar e controlar os registros de testes antiestáticos.

Visto que a fabricante gasta mais dinheiro em suporte ao cliente, custos de entrega, e gastos com testes de depuração na fábrica. Conforme mostra o gráfico 1, dependendo da fase do uso do item, os prejuízos causados por um dano devido à este fenômeno podem variar do custo do componente quando ele é afetado antes do uso a mais de 1000 vezes esse custo, se ele ocorrer quando o componente já estiver sendo usado numa aplicação instalada.

Gráfico 1 – Comparação dos prejuízos causados pelos danos (ESD) antes ou depois do uso



Fonte: Disponível em: <http://www.newtonbraga.com.br/index.php/eletronica/52-artigos-diversos/7375-cuidados-com-a-esd-art1084> acesso em: 23 de set.2016

Como base de ideia do efeito acumulativo deste dano, que aumenta ao longo do tempo. A figura 16 abaixo mostra um exemplo de valores em dólar que são perdidos em

decorrência dos efeitos causados por estas descargas. Exemplo: Onde um fabricante pode enviar 1000 placas por semana, com uma taxa de precipitação radioativa de 1%.



Figura 11 – Prejuízos causados em decorrência da (ESD)

1000	
Placas por semana	
1% de falhas	
10 falhas/semana	
Metade causada	
Por ESD	Cada placa custa US\$ 120
5 placas/semana	5x \$120 = \$600/semana
\$120 por placa	
Perda de	
\$600 por semana	
Ao ano	52x \$600
\$31.200	

Fonte – Elaborada pelo autor

Com isso, é de grande importância que a administração tenha o compromisso para garantir o sucesso contra estas descargas responsáveis pelo declínio produtivo e financeiro da empresa.

O Sistema RT/ESD conforme citado na introdução é um sistema que quando implementado no processo produtivo ajuda a registrar todas as ações de não conformidade de seus usuários, eliminando desperdícios, erros, ociosidade e gerando gráficos estatísticos na apresentação de seus

resultados. Atuando em nível operacional 'dando suporte aos gerentes operacionais para atender atividade de monitoração, controle e tomada de decisão nos testes ESD.

Utilizando um usuário e senha os líderes de produção, equipe de qualidade poderão fazer o cadastro dos colaboradores para informatização dos testes ESD. Bem como realizar o acompanhamento dos resultados. A figura 17 mostra o endereço do sistema em uma rede local e a tela de login.

Figura 12 – Tela de Login

The image shows a web browser window displaying a login page. The address bar shows the URL: <http://10.19.208.47:8006/login.aspx>. The page content includes a title 'LOGIN' and two input fields: 'Usuário\*' and 'Senha\*'. Below the fields is an 'Entrar' button. Two callout boxes with arrows point to the input fields, labeled 'Informe usuário' and 'Informe senha'.

Fonte – Pesquisa de Campo (2016)

Figura 13 – Tela Cadastro de funcionário para realizar teste ESD

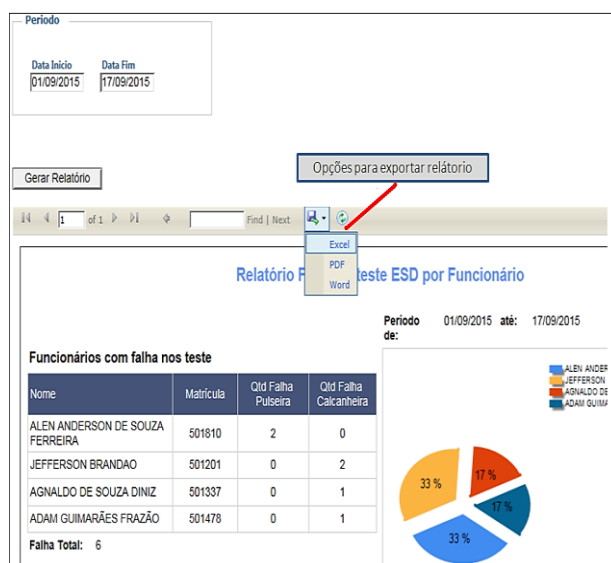
Fonte – Pesquisa de Campo (2016)

Figura 14 – Tela Consulta de teste ESD não realizados (Para acompanhar se funcionário está realizando teste)

Matrícula	Nome	Data	Local	Pulseira	Calcanheira
501810	ALEN ANDERSON DE SOUZA FERREIRA	09.16.2015	[ BE ]	[ USA ]	[ NÃO USA ]
501453	JOSIANE SILVA DE SOUZA	09.27.2015	[ BE ]	[ USA ]	[ NÃO USA ]
501443	MINEA ALVES CARDOSO	05.18.2015	[ BE ]	[ USA ]	[ NÃO USA ]

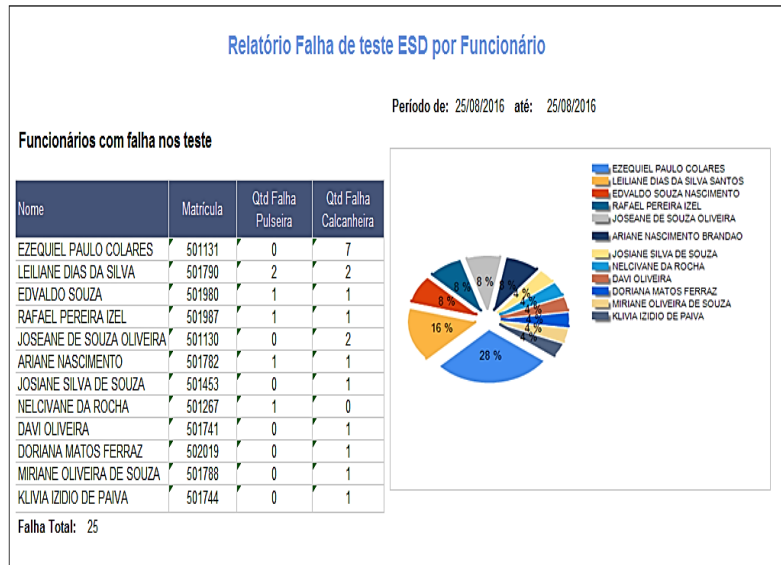
Fonte – Pesquisa de Campo (2016)

Figura 15 – Tela Relatório de falhas nos testes por funcionário



Fonte – Pesquisa de Campo (2016)

Figura 16 – Exemplo de um relatório de falhas nos testes ESD por funcionário, exportado do sistema para excel



Fonte – Pesquisa de Campo (2016)

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como objetivo geral de apresentar uma proposta simples e eficiente na redução de custos operacionais causados pela ESD. Através da implementação do sistema RT/ESD no processo produtivo. Com objetivo de ajudar registrar todas as ações de não conformidade de seus usuários, eliminar desperdícios, erros, ociosidade e gerando gráficos estatísticos para apresentação dos resultados.

Pois constatou-se que os danos decorrentes de ESD trazem prejuízos muito significativos para as indústrias de eletrônicos. Sabendo-se, que é de suma importância para a produção da empresa, que toda pessoa antes

de ter acesso às áreas sensíveis à ESD. Precisa fazer a verificação do funcionamento dos equipamentos antiestáticos.

Visto que, o registro destes testes, é fundamental para garantir que eles estão sendo feitos de maneira correta ou que não há nenhum problema com os equipamentos testados, tais como: Pulseiras, sapatos e calcanheiras.

Com isso, destaca-se a importância dos sistemas de informação na automação, controle e alcance de resultados. Uma vez que, a integração do sistema RT/ESD com testador trouxe resultados bastantes satisfatórios para a companhia.

## REFERÊNCIAS

- [1] Alencar. J.C, Aumentar a produtividade, diminuir custos. Isso é possível? Disponível em: <[http://www.techoje.com.br/site/techoje/categoria/detalhe\\_artigo/631](http://www.techoje.com.br/site/techoje/categoria/detalhe_artigo/631)>, Acessado em 10 de outubro de 2016.
- [2] Braga C. Newton. Cuidados com a ESD (ART1080). Guarulhos, 2014. Disponível em: <<http://www.newtoncbraga.com.br/index.php/eletro-nica/52-artigos-diversos/7375-cuidados-com-a-esd-art1084>>, acessado em: 23/09/2016.
- [3] Bontentuit Junior, J.B.; Coutinho, C.M. P. As Ferramentas da Web 2.0 no apoio à Tutoria na Formação em E-learning. In: Association Francophone Internationale de Recherche Scientifique em Education (AFIRSE),2008
- [4] GIL, Antonio Carlos. Como elaborar projetos de pesquisa. 4. Ed. São Paulo: Atlas, 2008.
- [5] Lee, K. A. The Buildmeister's Guide: Achieving Agile Software Delivery. Raleigh: Lulu.com. 2008. 192 p. p.
- [6] Martins. A. O processo de melhoria contínua. Disponível em: <<http://www.administradores.com.br/artigos/tecnologia/o-processo-de-melhoria-continua/29794/>>, Acessado em 10 de outubro de 2016.
- [7] Mendes, Marcelo; Maciel, Paulo. Análise de Desempenho de Sistemas OLTP utilizando o Benchmark TPC-C. Disponível em: Acesso em 21/10/2016.

[8] Oliveira, Djalma de Pinho Rebouças de. Sistemas de Informações Gerenciais: Estratégicas Táticas Operacionais. 12ª Ed. São Paulo: Editora Atlas, 2008, 299 páginas.

[9] Paula Filho, Wilson de Pádua. (2011) "Engenharia de Software: Fundamentos, Métodos e Padrões ". Editora: LTC. Rio de Janeiro - RJ  
Sommerville, I. Ingeniería del Software. Madrid: Pearson Addison Wesley. 2005. 667 p. p

# Capítulo 10

## *PROCESSO DE ENSINO A PARTIR DA METODOLOGIA PARA O DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS: A EXPERIÊNCIA DA DISCIPLINA DE PROJETO DE OBJETOS*

*Layane Nascimento de Araújo*

*Steffane Luiza Costa Neves*

*Anderson Elias Silva de Melo*

*Sandro Alisson Neris dos Santos*

*Juliana Donato de Almeida Cantalice*

**Resumo:** Para desenvolver produtos inovadores e solucionar problemas com eficácia, pode-se afirmar que o planejamento do processo projetual se faz bastante necessário. No design, o mercado competitivo exige a capacidade de projetar soluções inovadoras em espaços de tempo cada vez mais curtos, sendo a metodologia um item essencial para auxiliar e nortear esse processo. Ao longo do tempo, diversos teóricos do design e de outras áreas, publicaram propostas metodológicas para a concepção de novos produtos e essas propostas encontram-se em constante evolução. Assim, o presente artigo busca analisar metodologias em design, visando compreender e assimilar como se dá o processo de concepção de diversos autores. A pesquisa apresenta um caráter bibliográfico, e é seguida de uma aplicação prática onde serão expostas as técnicas, métodos e ferramentas utilizadas para o desenvolvimento de dois produtos, com o objetivo de possibilitar o entendimento do uso da metodologia para se chegar a determinadas soluções.

**Palavras-Chave:** Metodologia. Processo. Design. Concepção. Produto

## 1. INTRODUÇÃO

Ao longo das décadas, diversos autores publicaram propostas metodológicas para a elaboração de projetos relacionados ao desenvolvimento de produtos e soluções inovadoras. Esse processo encontra-se em constante evolução, de forma que podemos perceber mudanças nessas propostas metodológicas. Nesse contexto, analisando as mesmas a partir da década de 60, pode-se perceber que o design agrega para si metodologias de outras áreas, adaptando-as para seu campo.

Segundo Löbach (2001), o conceito de design compreende-se na concretização de uma ideia em forma de projetos ou modelos, mediante sua construção e configuração, resultando em um produto industrial passível de produção. Em sua metodologia, Löbach visa conhecer o usuário, fazendo uma grande pesquisa, um dos pontos altos da sua metodologia, onde faz-se necessário ter conhecimento desde as preferências do usuário, até produtos concorrentes, locais de venda e fabricação em série.

Nessa perspectiva, existe uma relação contínua e estreita entre o usuário e o produto, desencadeando um processo de identificação, em que o usuário toma parte no processo de desenvolvimento do respectivo produto, e consegue assim, se identificar no mesmo. Sabendo que design é a concepção de um projeto que tem como principal objetivo solucionar problemas, pode-se dizer que o planejamento se faz bastante necessário, já que precisa-se definir um caminho a ser seguido: o processo de design.

Durante o processo de concepção, reúnem-se as informações sobre o problema, que são analisadas e relacionadas criativamente. Depois, criam-se alternativas de soluções para o problema, que são julgadas segundo critérios estabelecidos, e por fim desenvolve-se a alternativa mais adequada. Para tanto, o emprego da metodologia e do planejamento é um item essencial para organizar, auxiliar e nortear o projetista durante esse processo.

Nesse aspecto, através de uma pesquisa bibliográfica aliada à experiência prática, o presente artigo busca analisar e assimilar metodologias propostas por diversos autores, visando compreender como se dá o processo de concepção através de diferentes perspectivas. A pesquisa é seguida de uma aplicação prática de dois produtos desenvolvidos na disciplina de Projeto de

Objetos 1 do Curso de Design da Universidade Federal de Alagoas, onde serão expostas as técnicas, métodos e ferramentas utilizadas para a concepção destes, tendo como foco principal apresentar embasamentos teóricos acerca de diversas metodologias para se chegar a soluções inovadoras.

## 2. O PROCESSO DE CRIAÇÃO E AS DIFERENTES METODOLOGIAS

Diversas metodologias de teóricos de design baseiam-se em ferramentas e técnicas que estimulam o processo criativo para o desenvolvimento de novos produtos. No entanto, em sua maioria, a estrutura do processo de criação e produção é baseado especificamente em cinco fases: Identificação da necessidade, Análise dos dados, Geração de Alternativas, Avaliação e Detalhamento da solução.

As metodologias abordadas para a concepção dos projetos apresentados neste artigo, foram propostas por Bruno Munari (2002) e Gui Bonsiepe (1983), ambas metodologias lineares, mescladas com a utilização de ferramentas sugeridas por Baxter (2015) e pelo *Design Thinking* (Tim Brown, 2008). Tais abordagens serão apresentadas a seguir:

A metodologia de Bruno Munari (2002), é composta por um conjunto consecutivo de fases, atuando de forma prescritiva, de forma que as fases propostas devem ser seguidas a risca para obter o melhor resultado. Contudo, Munari defende que as fases podem ser modificadas caso o designer encontre outros métodos que auxiliem no processo projetual. Essa metodologia linear, prescritiva e atemporal, diferenciou-se das demais por dar ênfase a criatividade com o uso do método. A metodologia proposta por Munari contém 10 fases, sendo apresentadas de forma lógica para leitor, e criadas por meio da experimentação. Ele menciona que usar a criatividade sem seguir métodos e de forma impulsiva é um equívoco que pode resultar em falhas durante o processo. Desse modo, seguir etapas não anula a personalidade de quem projeta, e sim, o incentiva e ajuda a solucionar problemas de uma forma mais eficaz.

Munari também faz uma crítica para muitos designers que ainda projetam apenas para o sentido visão. Ele mostra a importância de



projetar para todos os sentidos, deixando um apelo para que os futuros projetos levem em conta que as pessoas, gradativamente, irão se habituar à experiência de que existem muitos receptores sensoriais para conhecer o mundo em que vivemos.

Algumas dessas metodologias foram criticadas pelo autor Gui Bonsiepe (1983), pois ele acreditava que a metodologia projetual não deve ser utilizada exatamente à risca, como dito anteriormente em relação a metodologia de Munari. Sua metodologia é caracteristicamente acadêmica e divide-se em fases que subdivide-se em diversos métodos que visam auxiliar o projetista durante o processo projetual, são elas: I) Problematização; II) Análise; Definição do Problema; IV) Anteprojeto e Geração de Alternativas; V) Avaliação, Decisão e Escolha; e por fim, VI) Apresentação do Projeto. Bonsiepe desenvolveu seus métodos de desenvolvimento de produtos descrevendo técnicas e processos de criação de produto a fim de resolver problemas existentes. Em sua metodologia, o autor defende que através de projetos experimentais, o desenhista projetual tenha uma liberdade relativa na seleção de alternativas, podendo categorizar quais são os problemas mais influentes do produto.

Baxter (2015), no entanto, aborda questões vinculadas ao mercado e ao sucesso do produto projetado. O diferencial do autor consiste em articular design e marketing com a proposta de alcançar a diferenciação em um projeto de caráter inovador. Em suas obras, o autor elenca uma série de ferramentas a serem empregadas em um projeto de design. O autor ainda afirma que a inovação é um ingrediente vital para o sucesso do projeto e conseqüentemente dos negócios. Segundo ele, o planejamento do projeto deve ser pautado em 6 etapas, sendo elas: I) Identificação da oportunidade, II) Pesquisa de Marketing, III) Análise de produtos concorrentes, IV) Proposta do novo produto, V) Elaboração das especificações da oportunidade, e VI) Especificação do projeto. As 32 ferramentas propostas tornam o processo bastante interativo, possibilitando a potencialização da aquisição de informações e resultados em cada etapa.

Diferentemente das metodologias supracitadas, o *Design Thinking* sistematizado e publicado por Tim Brown, ganhou notoriedade apenas em 2008 após uma publicação na revista *Harvard Business Review*. Sendo uma metodologia flexível que

propõe solucionar problemas, criar e melhorar produtos, é dividida em cinco fases: I) Descoberta, onde constata-se um problema; II) Interpretação, onde interpreta-se o problema de acordo com assuntos aprendidos anteriormente; III) Ideação, a qual permite a possibilidade de criação; IV) Experimentação, onde há a possibilidade de tornar a ideia em algo real; e V) Evolução, fase de aprimoramento de uma ideia já experimentada.

Em razão disso, é permitido *feedback* entre as fases, onde assim o designer pensa no problema do usuário para depois criar um produto ou solução adequada. Tim Brown, CEO e presidente da IDEO, uma empresa de inovação e design, afirma que o design não deve ser encarado como uma profissão de decoradores, concedendo apenas uma aparência atrativa ao produto final, e sim um ramo estratégico, que unido a outras áreas pode conceder soluções inovadoras e criativas aos problemas encontrados nos projetos, atuando através do *Design Thinking*, no caso do produto desde a sua concepção, criando ideias que correspondam melhor às necessidades e aos desejos do público-alvo, daí a importância de defini-lo e observá-lo desde a fase de interpretação. Dessa forma, é possível constatar que o *Design Thinking* é uma metodologia altamente sensível e empática às necessidades do consumidor, é prescritiva pois existem etapas a serem seguidas para se concretizar o projeto, cíclica, cuja as macrofases Inspiração, Ideação e Implementação dialogam entre si permitindo *feedbacks* flexíveis entre as fases, e atemporal, onde as fases podem acontecer ao mesmo tempo, não sendo necessário que uma termine antes que a outra comece.

É por conta da forte presença de uma preocupação com o ser humano que o design thinking vêm se destacando entre os designers mais jovens. A princípio pode parecer confuso, mas o uso de suas ferramentas auxiliam na construção e desenvolvimento de um projeto, além de, por muitas vezes, possuírem a capacidade de ser utilizadas junto a outras metodologias.

### 3. APLICAÇÃO PRÁTICA DA METODOLOGIA DURANTE A DISCIPLINA DE PROJETO DE OBJETOS 1 DO CURSO DE DESIGN - UFAL

Seguindo os preceitos metodológicos e análises apresentadas anteriormente, foram realizadas aplicações práticas para a

concepção de um produto conceitual na classe de utensílios de cozinha, para a disciplina de Projeto de Objetos 1, do 4º período do curso de Design Bacharelado da Universidade Federal de Alagoas, com a temática relacionada ao fun design e design emocional.

Para tanto, os projetos tiveram foco no detalhamento do processo metodológico projetual, bem como nas técnicas, métodos e ferramentas utilizadas para o desenvolvimento dos objetos. Aqui, serão apresentadas duas experiências: uma Painela Multifuncional e um Ralador de Alimentos, ambos com foco no Fun Design e no Design Emocional. A seguir, serão descritas as etapas projetuais utilizadas para o desenvolvimento de cada produto de acordo as metodologias anteriormente apresentadas.

### 3.1. APLICAÇÃO PRÁTICA: PAINELA MULTIFUNCIONAL

A metodologia utilizada como base para o desenvolvimento do referido produto, foi a Metodologia de Projeto de Produto adaptada de Bonsiepe (1983), que fornece uma orientação para o processo de concepção e desenvolvimento de produtos através da experimentação, onde o desenhista projetual tem liberdade na seleção de alternativas para o projeto, tal como a possibilidade de *feedbacks*, isto é, de retornar a fase projetual anterior, ou aquela que apresente necessidade de alterações pertinentes à

pesquisa. Para complementar as etapas metodológicas, foram utilizadas também técnicas de criatividade e ferramentas propostas por Baxter (2015), *Design Thinking* (2008), .

Assim, integrando a criatividade e a inovação, o foco da aplicação prática em questão consiste em apresentar as fases metodológicas utilizadas para a geração de um novo produto prático e atrativo para o mercado, que proporcionasse uma experiência prazerosa aos usuários, bem como atender a uma demanda de produtos que ofereçam maior praticidade e segurança durante a sua manipulação.

#### 3.1.1 MATERIAIS E MÉTODOS

As macro etapas que guiaram o processo de concepção projetual com base na metodologia proposta por Bonsiepe (1983), foram: I) problematização; II) análise; III) definição do problema; IV) anteprojeto e geração de alternativas; V) avaliação e VI) decisão, escolha e apresentação do projeto.

Na primeira etapa de problematização, identificação e definição da necessidade/problema, foram traçadas as metas gerais do projeto: desenvolver uma Painela Multifuncional, que através da inovação proporcione praticidade, qualidade e experiências prazerosas para o usuário. Assim, foi desenvolvido um Mapa Mental, proposto por Buzan (2005), Figura 1.

Figura 1 - Mapa Mental adaptado de Buzan (2005)



Fonte: Autores (2016)

Em seguida, foi feito um diagrama adaptado de Kaoru Ishikawa (1943) a partir deste,

observou-se o principal problema, a limitação para a inovação, como mostra a figura 2.

Figura 2 - Diagrama adaptado de Ishikawa (1943)



Fonte: Autores (2016)

Para a etapa de análise e preparação do campo de trabalho, foi realizado um levantamento preliminar através de uma análise de dados de produtos similares. Para

isso, foi elaborada uma tabela comparativa, proposta por Baxter (2015), que serviu como base para uma análise do produto e análise de mercado, ilustrada na Tabela 1.

Tabela 1 - Análise de Similares proposta por Baxter (2015)

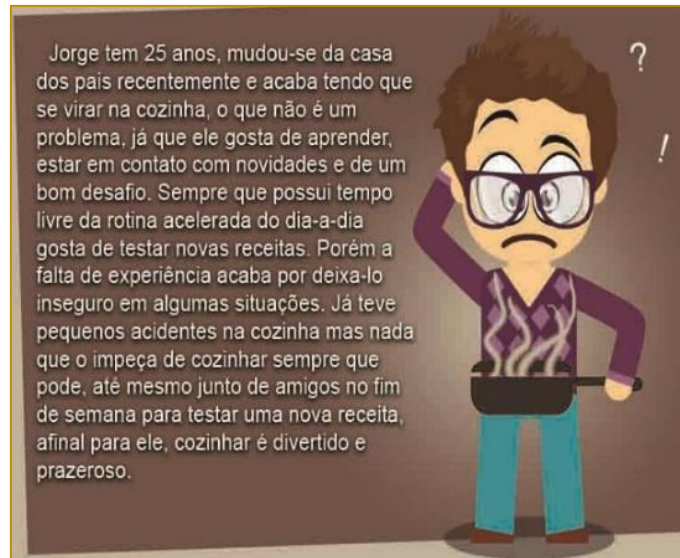
	Foto:	Vantagem e Desvantagem:	Pontos positivos e Pontos negativos:	Características Básicas e variantes:	Ergonomia:	Função Declarada:
Pipoqueira (tramontina, multifun)		Material de qualidade Só faz pipoca	Contato e energia mecânica necessários, Público consolidado.	Dimensões: D. 24 ; A. 14,5 Cap. 5.500 ml Preço: R\$ 159,90	Pega Palmar; Manejo grosseiro.	Preparar pipoca
Panela automática para mexer doces. (Dasonze)		Muitas peças, difícil transporte, somente doces.	Capacidade para grandes quantidades, velocidade programável.	Dimensões: D. 37 A. 14 Cap. 1000 ml Preço: R\$ 1399,90	Pega Palmar; Manejo grosseiro.	Mexer e preparar doces
Panela elétrica. (tramontina)		Elétrica, marcadores de temperatura e tempo, preço elevado.	Variedade de receitas, difícil limpeza, poucas variações estéticas.	Dimensões: A. 26 L. 31,5 P. 29 Peso: 3,7 kg Cap. 3,7 Litros Preço: R\$ 699,90	Pega palmar, ou com a ponta dos dedos; Manejo fino e grosseiro.	Preparar alimentos.
Flavor time quick! (polishop)		Cerâmica, antiaderente, fácil limpeza	Preço baixo, atende ao fun design, limitação de receitas.	Dimensões: D. 20 Peso. 640 g Preço: R\$ 69,90	Pega Palmar; Manejo grosseiro.	Assar/fritar alimentos na panela.
Panela Smart. (home cooker - Philips)		Acessível, preço baixo, fácil limpeza	Alta tecnologia e todas as funções programáveis a depender da necessidade.	Dimensões: L. 37 A. 24 P. 28 Cap. 3 L Preço: 249,90	Pega Palmar; Manejo grosseiro.	Preparar alimentos.

Fonte: Autores (2016)

Para conhecer as características, necessidades e desejos do público-alvo, também foi realizada uma análise de usuário através de uma entrevista informal com 10 pessoas (16 e 35 anos). Nela, foi possível

conhecer características e desejos do público para assim, elaborar uma *persona*, ferramenta proposta pelo *Design Thinking* (2008). (Figura 3).

Figura 3 - *Persona* adaptada de *Design Thinking* (2008)



Fonte: Autores (2016)

Na etapa de anteprojeto e geração de alternativas, foram geradas possibilidades de solução através das técnicas: *Brainstorming* (Osborn, A. 1953), *Analogias* (Baxter, 2015), *Método 635* (Rohrbach, B. 1969), bem como a elaboração de *Dirty Prototyping* (Brown, 2010).

Após esse processo, as alternativas foram aprimoradas para que melhor atendessem às diretrizes do projeto. As alternativas geradas

foram: a) *Panela Planeta* (referência ludicamente um planeta, através do grafismo, da forma arredondada e pegas semelhantes a um anel planetário); b) *Panela Polvo* (inspirada nas formas biomórficas do polvo, com pegas que representam tentáculos e as projeções táteis no cabo fazem alusão às ventosas desse); e c) *Panela Fatia de Bolo* (referência o lúdico e o *Fun Design* através de forma semelhante a uma fatia de bolo).

Figura 4 - Geração de alternativas



Fonte: Autores (2016)

Na fase de avaliação, decisão e escolha, as propostas definidas foram revisadas. Para tanto, fez-se uma avaliação das alternativas

geradas comparando-os com uma referência, ou seja, um melhor concorrente atual do produto proposto, conforme a Tabela 2.



Tabela 2 - Matriz de seleção de oportunidades.

CRITÉRIO DE SELEÇÃO	PESO DO FATOR	REFERÊNCIA	CONCEITO 1	CONCEITO 2	CONCEITO 3
		PANELA SMART HOME COOKER PHILIPS	PANELA PLANETA	PANELA FATIA DE BOLO	PANELA POLVO
MERCADO	+1	+1	-1	-1	-1
FORMA (FUN DESIGN)	+1	-1	+1	+1	+1
ERGONOMIA	+1	+1	-1	+1	-1
PREÇO	+1	+1	0	0	0
FUNÇÃO	+1	+5	+3	+5	+4
TECNOLOGIA	+1	+1	+1	+1	+1
LIMPEZA	+1	-1	+1	-1	-1
SEGURANÇA	+1	+1	+1	+1	+1
DURABILIDADE	+1	+1	-1	0	-1
PRATICIDADE	+1	0	+1	+1	+1
TOTAL		10	5	8	5

Fonte: Autores (2016).

Esta etapa foi realizada com o auxílio da Matriz de Seleção de Oportunidades, proposta por Baxter (2015). No processo decisório e de escolha, percebeu-se que a alternativa 2 destacou-se entre os conceitos analisados. Nos pontos em que não ganhou destaque, foram propostas melhorias. Após o detalhamento da alternativa escolhida, foi feita a modelagem tridimensional digital e uma apresentação final da concepção detalhada do produto final através de desenhos técnicos com vistas, perspectiva explodida, detalhamentos de estrutura, materiais e encaixes da parte estrutural.

### 3.2. APLICAÇÃO PRÁTICA: RALADOR DE LEGUMES

Nesta outra experiência de concepção de produto aqui apresentada, percebeu-se após

análises que a proposta metodológica apresentada pelo designer Bruno Munari (2002), conseguiu atender aos requisitos do projeto, por ser sistemática e cíclica além de apresentar feedback entre as fases, estando a mesma dividida em 12 etapas. Contudo, para esse projeto, foi feita uma adaptação para que a metodologia se tornasse adequada a necessidade identificada e ao tempo do semestre letivo para a conclusão da disciplina de projeto de objetos 1, reduzindo assim, o número de 12 para 8 etapas. Na figura 5, é possível visualizar cada etapa, e o emprego de ferramentas elencadas pelo grupo e pela docente da disciplina, para que os resultados de cada etapa pudessem ser potencializados.

Figura 5 – Metodologia adaptada de Bruno Munari (2002).



Fonte: Autores (2016)

### 3.2.1 MATERIAIS E MÉTODOS

Inicia-se o processo projetual com a aplicação do *Brainstorming* (Osborn, 1953 apud Baxter, 2015), para estimular a criatividade dos designers e acumular o máximo de ideias sobre o contexto do

produto e com isso, posteriormente foi possível setorizar as necessidades do mesmo através do Mapa Mental de Buzan (2005), conforme a figura 6.

Figura 6 - Mapa Mental , adaptado de Tony Buzan (2005)



Fonte: Autores (2016)

Com o resultado do mapa mental, foi criado o diagrama de Ishikawa (1943) elencando os

problemas centrais de cada área, conforme pode ser observado na figura 7.

Figura 7 - Diagrama de Ishikawa - Adaptado de Kaoru Ishikawa (1943)



Fonte: Autores (2016)

A partir dos dados obtidos, foi realizada uma análise do produto, e através de pesquisas e entrevistas, verifica-se que o mesmo está presente na maioria das cozinhas domésticas sua função consiste em ralar determinados alimentos que fazem parte da rotina dos

usuários. Os mais comuns são fabricados a partir de uma folha de metal reta presa a um suporte de plástico e alguns específicos, possuem de duas a quatro faces de lâminas proporcionando tipos de cortes diferentes. A conclusão da pesquisa supracitada resultou



na tabela 3 e no mapa de empatia, na figura 8.

Tabela 3 - Especificações do produto.

NOME DO PRODUTO	FUNÇÕES	AMBIENTE DE USO	PEGAS	MANEJOS	MATERIAIS	ELEMENTOS E AFINS
Ralador de legumes e verduras	Ralar legumes e verduras em fatias grossas e finas; Armazenar alimento ralado no recipiente acoplado.	Cozinhas residenciais, restaurante e em qualquer outro ambiente apto para preparação de alimentos.	Geométrica. Pega de Gancho	Grosseiro	Polipropileno ou aço inoxidável	Bancadas, panelas, bacias, pias, etc.

Fonte: Autores (2016)

Em seguida, foi desenvolvido o mapa de empatia de Scott Matthews (2005) que contribuiu para uma análise centrada na experiência do usuário com o produto:

Figura 8 - Mapa de Empatia, adaptado de Scott Matthews (2005)



Fonte: Autores (2016)

Considerando o design como um processo amplamente criativo, que pode ser apresentado de várias maneiras, Baxter (2015) afirma que a criatividade é o coração de todo processo projetual. Sendo assim,

para a concepção de soluções, foi aplicada a ferramenta de Baxter (2015) método, 6 pessoas, 3 ideias em 5 minutos, com o objetivo de gerar ideias, independentes de serem executáveis, ilustradas na figura 9.

Figura 9 - Ferramenta 635, adaptado de Baxter (2015)



Fonte: Autores (2016)

Com os resultados auferidos nas etapas anteriores, foram esboçadas 10 alternativas,

alinhadas ao conceito do Fun Design, apresentadas na figura 10.

Figura 10 - Esboço gráfico



Fonte: Autores (2016)

Das alternativas geradas verificaram-se quesitos de: segurança, travas, limpeza, conforto, pegas, dimensões, usabilidade, cores e formas lúdicas. Assim, foram escolhidas as três que mais se aproximaram

dos requisitos do projeto, e foram prototipadas com materiais simples, através da ferramenta *Dirty Prototyping* (Brown, 2010), conforme demonstrado na figura 11.

Figura 11 - Prototipagem rápida, adaptada de Brown, (2010)



Fonte: Autores (2016)

A prototipação resultou na tabela 4, gerando parâmetros para a etapa posterior.

Tabela 4 - Pontos positivos e negativos das alternativas.

Conceito	Pontos Positivos	Pontos Negativos
A	Aparência divertida; fácil adaptação ao usuário; fácil montagem e manutenção; a mão não entra em contato com o alimento.	Deficiência em pega durante o manuseio; alto risco de instabilidade nas superfícies.
B	Aparência divertida, sistema de manivela que exige pouco esforço na hora de ralar o alimento; a mão não entra em contato com o alimento; fácil manuseio.	Risco de instabilidade nas superfícies devido a sua altura; não possui espaço suficiente para o alimento cair na bandeja, ficando assim preso na lâmina, dificultando a sua retirada; difícil manutenção.
C	Aparência divertida, boa fixação nas superfícies, a mão não entra em contato com o alimento, exige pouco esforço na hora de ralar; facilidade de montagem, manuseio e manutenção.	Acionamento por movimentos repetitivos de vai e vem ao puxar a corda que controla a lâmina. Dificuldade de limpeza das partes.

Fonte: Autores (2016).

Nesta etapa foi aplicada a ferramenta Matriz de Convergência Controlada, de Pugh (1991, apud Baxter, 2015), conforme tabela 5, que proporciona ao designer comparar um

produto existente no mercado com as alternativas do seu projeto, o resultado da tabela demonstrou que seria necessário a aplicação de mais uma etapa projetual.

Tabela 5 - Matriz de Convergência Controlada. Adaptado de Pugh (1991, apud Baxter, 2015).

Critério	Peso	Similar	Conceito 1	Conceito 2	Conceito 3
		Ralador Oxo	Disco Voador	Homem no Trono	Carrinho de Mão
Dimensão	-1 0 +1	+1	+1	-1	+1
Material	-1 0 +1	+1	0	0	0
Estrutura	-1 0 +1	+1	-1	-1	-1
Segurança	-3 0 +3	+3	0	0	-3
Ergonomia	-2 0 +2	+2	0	-2	-2
Residência	-1 0 +1	+1	-1	0	0
Fun Design	-1 0 +1	-1	+1	+1	+1
Total		8	0	-3	-4

Fonte: Autores (2016)

Na fase final do processo, foi aplicada a ferramenta MESCRAI (Baxter, 2015), com o objetivo de corrigir alguns pequenos problemas de usabilidade e estrutura do produto. Sendo assim, após essas verificações, foi possível finalizar o processo através da modelagem tridimensional virtual.

#### 4. RESULTADOS DAS EXPERIÊNCIAS DOS PROJETOS APRESENTADOS EM SALA DE AULA

O resultado do primeiro produto apresentado, Painel Multifuncional (denominada Painel Fatia de Bolo), consiste em que a mesma poderá desenvolver 3 funções principais de

preparo de alimentos. Em sua base possui uma frigideira de aço Inox e ao desacoplar seu cabo, poderá servir como uma forma para assar alimentos. A tampa da panela possuirá um motor que também servirá como pega para a tampa, assim como para rotacionar uma espátula que mexerá o alimento no interior da panela.

Em seu corpo principal (que deve ser acoplado na frigideira para utilização), os alimentos poderão ser cozidos. O mesmo utiliza como matéria prima o vidro, pois este permite visualizar a preparação do alimento sem a necessidade de contato durante o uso ainda quente (figura 12).

Figura 12 - Painel Fatia de Bolo, Detalhamento das peças

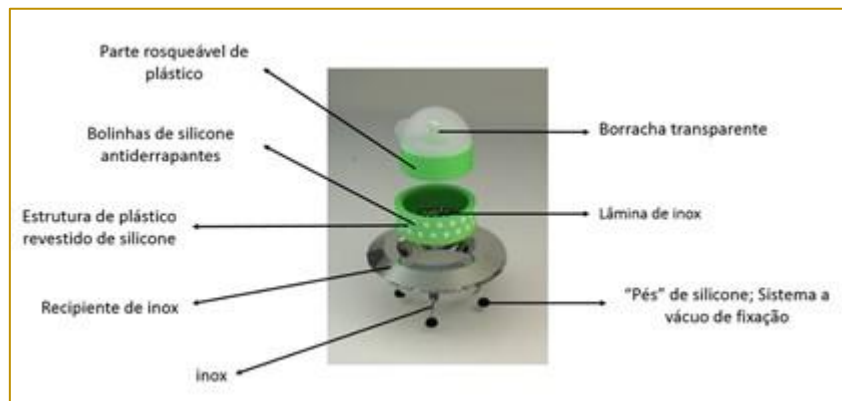


Fonte: Autores (2016)

Denominado pelos projetistas de Ralador disco voador, o segundo produto aqui apresentado, faz analogia a um disco voador, sua estrutura é composta por partes acopláveis, sua tigela foi projetada para ser usada no ato da atividade proposta, ralar alimentos, ou à parte como um elemento estético que compõe a mesa.

Sendo assim, fazendo uso da modelagem computacional, o produto final tem sua configuração conforme pode ser verificado na figura 13, a partir do seu detalhamento técnico.

Figura 13 - Detalhamento da modelagem tridimensional no 3ds MAX® da Autodesk



Fonte: Autores (2016)

Dessa forma, o produto foi dividido em 4 partes, explicitadas na figura 14.

Figura 14 - Partes do produto, com respectivas legendas de uso



Fonte: Autores (2016)



## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Segundo Romeiro et al. (2010) há três conhecimentos básicos necessários para projetar: conhecimentos para gerar ideias, para avaliar conceitos e conhecimentos para a estruturação do processo de projeto. Além disso, ainda segundo o autor, a progressão do projeto pode ser vista como uma coleção de estágios sucessivos nos quais ideias abstratas se transformam na especificação detalhada de um produto.

Assim, durante a concepção da Painela Multifuncional, observou-se que inicialmente, foram geradas alternativas com formas similares às painelas tradicionais, e com isso, foi realizado um *feedback* para as etapas de anteprojeto e geração de alternativas e foram feitas mudanças significativas na forma. Sendo assim, desconstruiu-se a ideia de uma painela arredondada, atendendo ao conceito do *Fun Design* e ao Design Emocional, através de um formato lúdico, proporcionando uma experiência prazerosa ao usuário.

No desenvolvimento do ralador, por intermédio da adaptação feita pelos autores para o processo metodológico de Munari (2002) e a aplicação de técnicas, ferramentas e métodos propostos por: Baxter (2015), Ishikawa (1943), Buzan (2005), Scott Matthews (2005) e Pugh (1991) viabilizou-se a construção do modelo tridimensional, desenvolvendo assim, um ralador diferente e que proporcione ao usuário uma experiência prazerosa, seja funcional ou estética.

Logo, através de pesquisas bibliográficas e do emprego das fases metodológicas que subsidiaram o projeto, foi possível perceber a importância da experimentação e da liberdade na seleção de alternativas para se chegar a uma determinada solução. A experiência da adaptação das metodologias

propostas por Bonsiepe (1983) e Bruno Munari (2002) com a inserção de ferramentas, métodos e técnicas propostas pelo *Design Thinking* (2008) e Baxter (2015), ressaltou a importância da utilização de uma metodologia flexível e híbrida, que permitiu a presença de *feedbacks* atemporais, adaptando-se ao problema e gerando uma solução adequada aos requisitos projetuais definidos no início do projeto.

De fato, as metodologias que foram apresentadas conseguiram solucionar problemas de design, e conseqüentemente chegar a soluções inovadoras. O emprego da metodologia proposta por Bonsiepe (1983) conduziu o projetista a analisar o usuário a partir do meio social, considerando a experiência do mesmo, onde cada etapa projetual foi definida em consonância com o usuário final. Já a metodologia proposta por Munari (2002), trabalhou com o usuário a partir do lúdico, tornando o todo o processo experimental, validando a metodologia em três focos: 1) Imersão no contexto dos objetos de uso, através de Löbach (2001); 2) Estímulo dos projetistas por meio das ferramentas criativas de Baxter (2015) alinhado ao *Fun Design* e 3) Interação com o usuário (Questionários e entrevistas com o público alvo). Assim, observa-se que quando o projetista alia os três focos supracitados, consegue obter resultados inovadores na concepção de produtos, tornando evidente a importância do conhecimento dessas abordagens por parte do designer (e estudantes de design), que frente aos desafios contemporâneos podem contar com esse rico conjunto de conceitos e ferramentas a seu favor e também a favor da sociedade atingida pelo seu trabalho.

## REFERÊNCIAS

- [1] Baxter, M. R. Projeto de Produto: Guia Prático para o Design de Novos Produtos. São Paulo: Editora blücher, 2015.
- [2] BONSIPE, G. A Tecnologia da Tecnologia. São Paulo: Ed. Blücher, 1983.
- [3] Bonsiepe, G. Um Experimento em Projeto de Produto: Desenho Industrial. Brasília: CNPq/Coordenação Editorial, 1983.
- [4] Brown, Tim. Design Thinking: uma metodologia poderosa para decretar o fim das velhas ideias. Rio de Janeiro. Elsevier, 2010.
- [5] Buzan, Tony. Mapas mentais e sua elaboração. São Paulo: Editora Cultrix. 2005.
- [6] Ishikawa, K. Introduction to Quality Control. ; Translator: J. H. Loftus. 448 p; 1990. ISBN 4-906224-61-X OCLC 61341428.

[7] Löbach, B. Design Industrial: Bases para a configuração dos produtos industriais. São Paulo: Edgard Blucher, 2001.

[8] Martins, R. F. F. A gestão de design como estratégia organizacional: um modelo de integração do design em organizações. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção). 205 f. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis: 2004.

[9] Mont ´Alvão, C., Damazio, V. Design, Ergonomia e Emoção. Rio de Janeiro: Mauad X.FAPERJ, 2008.

[10] Munari, Bruno. Das coisas nascem coisas. São Paulo: Martins Fontes, 2002.

[11] Romeiro, E., Ferreira, C., Miguel, P., Gouvinhas, R., Naveiro, R. Projeto de Produto. 1 ed, Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.



# Capítulo 11

## APLICAÇÃO DO PROJETO KAIZEN EM UMA EMPRESA DE PEQUENO PORTE: UM ESTUDO DE CASO

*Jéssica Alves Justo Mendes*

*Carlos Alberto Chaves*

*Thiago Bittencourt Leite*

**Resumo:** Este artigo tem por objetivo apresentar a implementação e os resultados da realização de um Projeto *Kaizen* em uma empresa de pequeno porte, fornecedora para indústria aeronáutica, localizada na cidade de Cruzeiro, Estado de São Paulo, Brasil. A metodologia utilizada foi pesquisa bibliográfica, principalmente sobre os seguintes temas: Empresa de Pequeno Porte, Filosofia *Lean* e Melhoria Contínua. Também, foi realizada uma pesquisa de campo, para levantamento de dados na empresa, principalmente na área de estoque de componentes. Concluiu-se que a implementação do Projeto *Kaizen* trouxe como benefícios a redução de desperdícios nos processos aplicados.

**Palavras Chave:** Empresa de Pequeno Porte; Filosofia *Lean*; Melhoria Contínua, Projeto *Kaizen*.

## 1. INTRODUÇÃO

As micro e pequenas empresas proporcionam um aumento de oportunidades de emprego e dos níveis de consumo e de renda, sendo uma grande fonte de crescimento econômico para um país. Entretanto, cerca de 60% destas empresas não sobrevivem mais que cinco anos no mercado (SEBRAE-SP, 2014).

Nota-se, então, a necessidade das micro e pequenas empresas estarem em constante aprimoramento, buscando sempre apresentar altos níveis de qualidade e produtividade, aumentando assim, suas chances de sucesso.

Para alcançar este fim, é necessária uma gestão competente, que invista na qualidade de seus produtos, e no aperfeiçoamento de seus processos, reduzindo desperdícios e aumentando sua produtividade (MCLEAN, 2015).

A Filosofia *Lean* (também conhecida como *Lean Manufacturing* ou Produção Enxuta) traz grandes vantagens para empresas de pequeno porte, podendo ser utilizada em todas as áreas de uma empresa (marketing, vendas, produção, etc.), impulsionando o crescimento das mesmas (ELBERT, 2013).

A Filosofia *Lean* pode ser definida como um sistema que disponibiliza, para todas pessoas de todos os níveis de uma empresa, formas de pensar e ferramentas, visando a eliminação de desperdícios que acontecem durante os processos, aliado a introdução de programas de melhoria contínua (CHIARINI, 2013)

Uma Organização *Lean* baseia-se principalmente em projetos de melhorias rápidas, chamados de projetos ou eventos *Kaizen*. Estes projetos são movidos pelo esforço em equipe, disciplina e mentalidade de eliminação de desperdícios. A aplicação destes projetos é de baixo custo, de curta duração e procura-se: desenvolver ou melhorar processos, produtos e serviços, aumentar a produtividade, reduzir desperdícios e custos (CHIARINI, 2013, IMAI, 2011).

A empresa estudada é classificada, segundo sua receita bruta anual, como uma empresa

de pequeno porte e decidiu dar início a implantação da Filosofia *Lean* através de um projeto *Kaizen*, visando benefícios de curto e longo prazo para a mesma.

O Objetivo Geral do estudo foi a implantação de um Projeto *Kaizen*, realizado na área de Estoque de uma empresa de pequeno porte, fabricante de conjuntos-mangueira, tubos e cabos de comando para aviões. O Projeto *Kaizen* teve como base os conceitos de *Lean Manufacturing*, e seus objetivos específicos foram: apresentação de melhorias no layout do Estoque, redução de desperdícios do processo e introdução da mentalidade *Lean* para os funcionários da empresa.

A metodologia utilizada para a elaboração deste trabalho foi a de um Estudo de Caso e apoiado por uma pesquisa bibliográfica sobre o tema Manufatura Enxuta e Kaizen.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 EMPRESAS DE PEQUENO PORTE

Microempresas e empresas de pequeno porte, doravante chamadas de MPE's neste trabalho, existem em todo o mundo e atuam nos mais diversos ramos, apresentando grande importância econômica e uma ampla variedade de produtos e serviços.

As MPE's apresentam características próprias, como altas taxas de natalidade e de mortalidade, a gestão informal, estrutura simples, escassez de recursos, mão-de-obra pouco qualificada, forte presença de proprietários, sócios e membros da família em seu quadro de funcionários, baixo investimento em inovação tecnológica e uma relação de complementaridade e subordinação com as empresas de grande porte. (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2001; LEONE, 1999).

No Brasil, as MPE's são classificadas conforme sua receita bruta, segundo a legislação do Simples (Lei 123 de 15 de dezembro de 2006) em: Microempresa (ME) e Empresa de Pequeno Porte (EPP), conforme demonstrado na Tabela 1 abaixo.

Tabela 1: Classificação de Micro e Pequena Empresa (MPE) segundo a Lei Complementar Federal 123/2006 (critério: receita bruta).

Porte	Classificação	Faturamento Bruto Anual
MPE	Microempresa (ME)	Até R\$ 360 mil
	Empresa de pequeno porte (EPP)	Acima de R\$ 360 mil até R\$ 3,6 milhões

Ref.: Lei Complementar Federal 123/2006

A importância das MPE's para a economia brasileira pode ser analisada segundo a tabela 2:

Tabela 2: Percentual de atuação das MPE's nos setores de Serviços, Comércio e Industrial.

	PIB gerado (%)	Empresas (%)	Empregados (%)	Remuneração de empregados (%)
Setor de Serviços	36,30	98,10	43,50	27,80
Setor de Comércio	53,40	99,20	69,50	49,70
Setor Industrial	22,50	95,50	42	25,70

Ref.: SEBRAE, 2014

Apesar da grande atuação e importância das MPE's, cerca de 58% dessas empresas não sobrevivem mais do que cinco anos no mercado (SEBRAE-SP, 2014).

Segundo pesquisas realizadas pelo SEBRAE-SP (2014) as causas de insucesso das MPE's costumam envolver os seguintes fatores: comportamento empreendedor pouco desenvolvido, ausência do planejamento prévio, gestão deficiente do negócio, insuficiência de políticas de apoio, flutuações na conjuntura econômica, ausência de técnicas de *marketing*, de avaliação de custos, fluxo de caixa e problemas "pessoais" dos proprietários.

As MPE's que procuram aperfeiçoar seus produtos e serviços, inovar em processos e procedimentos, investir em capacitação de pessoal e qualidade, mantendo-se atualizada às tecnologias do setor, tendem a sobreviver mais no mercado (SEBRAE-SP, 2014).

O investimento na área de qualidade, realizado através da implantação da Filosofia *Lean*, juntamente aos princípios de melhoria contínua, serve como um diferencial competitivo nas MPE's (MCLEAN, 2015).

## 2.2 FILOSOFIA LEAN

*Lean* é um sistema de gerenciamento que teve como base o Sistema *Toyota* de Produção (STP), originário da empresa *Toyota*

*Motor Corporation* (WOMACK; JONES, 1998).

O STP surgiu através da colaboração do engenheiro mecânico Taiichi Ohno com o engenheiro Shigeo Shingo, criador da técnica *Single Minute Exchange of Die* (SMED) ou Troca Rápida de Ferramentas. Foi então desenvolvido o Sistema Toyota de Produção, que tem como pilares: o JIT (*Just-In-Time*); *Jidoka* (Automação); 5S (*housekeeping*); *Kaizen* (melhoria contínua); TPM (*Total Productive Maintenance*); TQM (*Total Quality Management*); SMED (*Single Minute Exchange of Die*); VSM (*Value Stream Mapping*); *Andon* (Quadro Luminoso de Alarmes); *Kanban* (cartões de ordem da produção); e *Poka-Yoke* (dispositivo à prova de erros) (SHINGO, 1996; SLACK ET. AL., 2010)

O STP, tal qual a Filosofia *Lean*, tem como foco a eliminação de desperdícios a fim de reduzir o custo de capital e ao mesmo tempo, entregar máximo valor para o cliente (OHNO, 1997).

A Filosofia *Lean*, conhecida por *Lean Thinking* (mentalidade enxuta / pensamento enxuto), foi difundida por Womack & Jones (1998), e amplia os conceitos de *Lean Production* (Produção Enxuta) para toda a empresa.

O objetivo da Filosofia é proporcionar orientações que abranjam todos os processos da organização, sendo o conceito de melhoria contínua extremamente importante, criando

uma cultura que se baseia no envolvimento de todos os funcionários da organização (ROTHER, 2010; SLACK et. al., 2010).

Os ensinamentos *Lean*, divulgados por diversos livros e consultores, tem como foco a implantação de conceitos *Lean* em grandes empresas. Porém, usando uma abordagem diferenciada para a aplicação e aprendizado destes conceitos que leve em consideração as características próprias das empresas de pequeno porte e sua cultura empresarial, estas empresas podem usufruir dos benefícios da Filosofia *Lean*, aumentando assim sua produtividade e adquirindo um diferencial competitivo. (MCLEAN, 2015)

### 2.2.1 OS SETE TIPOS DE PERDAS (DESPERDÍCIOS LEAN)

A Filosofia *Lean* tem em sua essência a identificação e mitigação de desperdícios, que, segundo os critérios do STP, são divididos em sete tipos de perdas, a saber (MONDEN, 1994; SLACK ET. AL., 2010):

- 1 Superprodução. Produzir mais do que é imediatamente necessário para o próximo processo na operação;
- 2 Espera. Períodos onde ocorre ociosidade, devido à fluxos mal planejados.
- 3 Transporte. Movimentação desnecessárias de itens, pessoas e informações em torno da operação, o que não agrega valor;
- 4 Processamento em si. O processo em si pode ser uma fonte de desperdícios, pois algumas operações só existem por causa do *design* de componente ruins, ou pela falta de manutenção;
- 5 Estoque (Inventário). Todo estoque deve tornar-se um alvo de eliminação, pois altos níveis de estoque ocultam os desperdícios ocorridos em outras áreas, custa caro para a empresa além de representar a ocupação de grandes áreas.
- 6 Movimentação. Um trabalhador pode estar realizando movimentos desnecessários, onde nenhum valor está sendo agregado ao trabalho;
- 7 Produtos defeituosos. Desperdícios por má qualidade ( fabricação de produtos defeituosos) costumam ser muito significantes nas operações, pois trazem custos de retrabalho e descarte de materiais que não podem ser reutilizados.

A eliminação destes desperdícios, ou perdas, gera aumento de eficiência, redução de custos e otimização de processos,

independente da empresa ou da área onde ocorra esta eliminação (SLACK ET. AL., 2010).

### 2.2.2 O PROGRAMA 5S

Os Cinco Sentos (5S's) constitui um programa utilizado para reduzir as folgas organizacionais (desperdícios), reduzindo assim as atividades que contribuem para erros, defeitos e lesões, além de contribuir para a melhoria do trabalho em equipe (LIKER, 2004).

O primeiro S é o Senso de Seleção ou descarte (*seiri*), que procura separar os itens que são necessários dos desnecessários e eliminar estes (SLACK ET. AL., 2010).

O segundo S ou Senso de Ordenação (*seiton*) é uma continuação do primeiro e se traduz na ação de alocar os itens necessários nos lugares apropriados. (IMAI, 2012).

O terceiro S, Senso de Limpeza (*seiso*) traz consigo a filosofia de limpeza e organização (SLACK ET. AL., 2010; SELEME; STADLER, 2012).

A premissa do quarto S ou Senso de Higiene e Padronização (*seiketsu*), é manter os padrões de limpeza e a ordem, incorporando-os na rotina da empresa (SLACK ET. AL., 2010).

O quinto S é o Senso de Auto-disciplina (*shitsuke*), onde o trabalhador é incentivado a desenvolver o compromisso de manter os padrões alcançados através dos 5S's (LIKER, 2004).

As vantagens geradas pela aplicação dos 5S's são muitas. Chiarini (2013) cita: aumento de produtividade, melhoria da qualidade, redução de desperdícios (custos), melhoria de *layout*, além de um aumento de segurança e bem-estar dos funcionários.

### 2.3 KAIZEN, O MELHORAMENTO CONTÍNUO.

A abordagem usada pela melhoria contínua, conhecida no Japão por *Kaizen* (*Kai= mudar e Zen=melhor*) tem como elemento essencial o trabalho em equipe onde todos trabalham juntos para que, a partir de pequenos passos incrementais, melhorias ocorram, desafiando assim, a ideia de que problemas na qualidade representam algo imutável (JURAN, 2000; ROTHER, 2010). A Tabela 3 resume as

principais características do *Kaizen* segundo Imai (2011).

Tabela 3: Características do *Kaizen*.

	<i>Kaizen</i>
Efeito	A longo prazo e duradouro, porém monótono
Ritmo	Pequenos progressos
Estrutura de tempo	Contínua e incremental
Mudança	Gradual e constante
Envolvimento	Todos (trabalho em equipe)
Enfoque	Coletivismo, esforços em grupo, enfoque sistêmico
Método	Manutenção e melhoramento
Estímulo	" <i>Know-how</i> " e atualizações convencionais
Exigências práticas	Exige pouco investimento financeiro, porém grande esforço para mantê-lo
Vantagem	É útil na economia de crescimento lento
Informações	Abertas, compartilhadas
Tecnologia	Baseia-se na tecnologia existente
" <i>Feedback</i> "	Amplo

Ref.: Imai, 2011, p.21 e p.28

### 2.3.1 APLICAÇÃO DO KAIZEN

Segundo Chiarini (2013), as empresas que implementam a metodologia *Kaizen* geralmente o fazem através de *Workshops Kaizen*, também conhecidos como *Projetos Kaizen* ou *Eventos Kaizen*.

Projetos *Kaizen* são projetos de melhoria de curto prazo utilizados para aperfeiçoar um processo através da metodologia *Kaizen*. Estes projetos apresentam baixo custo e enfatizam o trabalho em equipe e os esforços realizados pela equipe, englobando diversas ferramentas da qualidade, como *Brainstorming*, 5S e 5W2H. (CHIARINI, 2013; IMAI, 2011).

Para Chiarini (2013), *Projetos Kaizen* são realizados de acordo com as seguintes nove etapas:

- 1 Programa e preparação do evento;
- 2 Os líderes, co-líderes e membros do time são escolhidos;
- 3 Treinamento sobre *Kaizen*;
- 4 Realização de coleta e análise de dados;
- 5 Decisão sobre quais as melhorias serão implementadas;
- 6 Execução da semana *Kaizen*, onde ocorre a implementação das melhorias; durante esta semana, todos os dias, implementam-se

- melhorias, que são então padronizadas;
- 7 Verificação dos resultados obtidos;
- 8 Os resultados obtidos são apresentados aos demais membros da empresa;
- 9 Os resultados obtidos são mantidos.

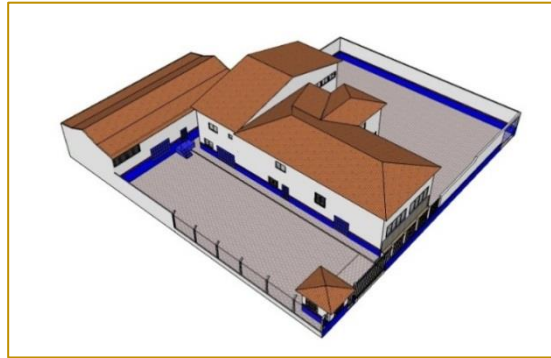
### 3. DESCRIÇÃO DA EMPRESA

A empresa estudada possui sede em Cruzeiro, cidade do Vale do Paraíba Paulista, e possui uma receita bruta de até R\$ 3,6 milhões, o que a classifica como empresa de pequeno porte. A Empresa apresenta algumas características típicas das MPE's, tais como: gestão informal, estrutura simples, escassez de recursos, baixa intensidade de capital e forte presença dos proprietários.

A Empresa está no mercado há mais de vinte anos e trabalha com a fabricação de conjuntos-mangueira, tubos e cabos de comando para aviões, além de projetar e montar equipamentos de apoio ao solo para a indústria aeronáutica. Esta empresa também opera como representante comercial para grandes fornecedores, fabricantes e distribuidores da área aeroespacial.

A figura abaixo (figura 1) representa a empresa onde o Projeto *Kaizen* foi realizado.

Figura 1: Empresa Analisada.

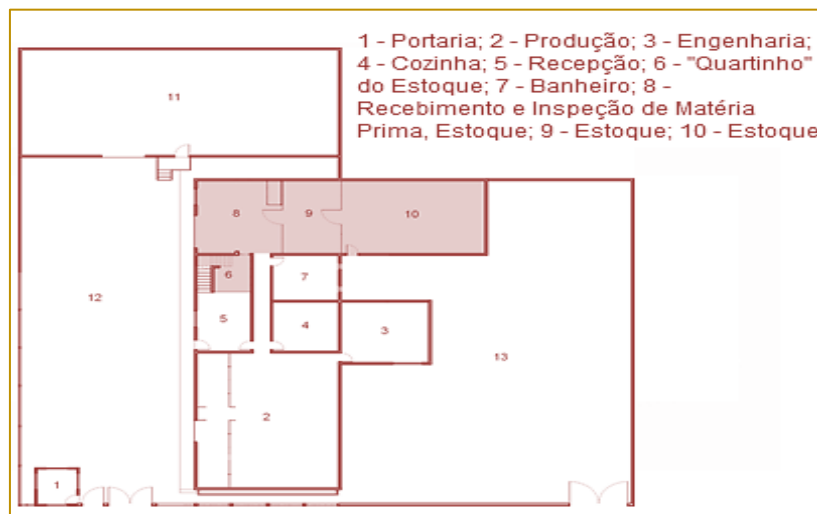


O Projeto *Kaizen* foi implantado pela iniciativa do Setor de Qualidade e pelo interesse da alta gerência. O projeto busca a transformação gradual da cultura da empresa através da introdução de conceitos *Lean*, começando pela implantação dos conceitos de melhoria

continua, e tendo como primeira área de implantação do Projeto *Kaizen*, a área de Estoque.

A figura a seguir mostra o layout do primeiro andar da empresa, onde se situa o Estoque.

Figura 2: Layout da Empresa Analisada.



#### 4. METODOLOGIA

O procedimento escolhido para a realização da pesquisa foi o Estudo de Caso, o qual, segundo Santos (2007), envolve a seleção de um objeto de pesquisa restrito, tendo como objetivo o aprofundamento de seus aspectos característicos.

A coleta dos dados relevantes foi realizada em um período de dois meses, durante o segundo semestre de 2015.

Ao término da coleta dos dados, foi desenvolvido um Projeto *Kaizen* Piloto, com as

seguintes etapas: Elaboração e Realização de Treinamentos *Lean* e *Kaizen*; Definição da Área e Equipe *Kaizen*; Coleta de Dados e Aplicação do *Kaizen*.

##### 4.1 ELABORAÇÃO E REALIZAÇÃO DE TREINAMENTOS *LEAN*

Primeiramente, a equipe de Qualidade desenvolveu e aplicou treinamentos relativos aos conceitos *Lean*, tendo como foco a aplicação de Projetos *Kaizen*, adaptados à realidade da empresa.

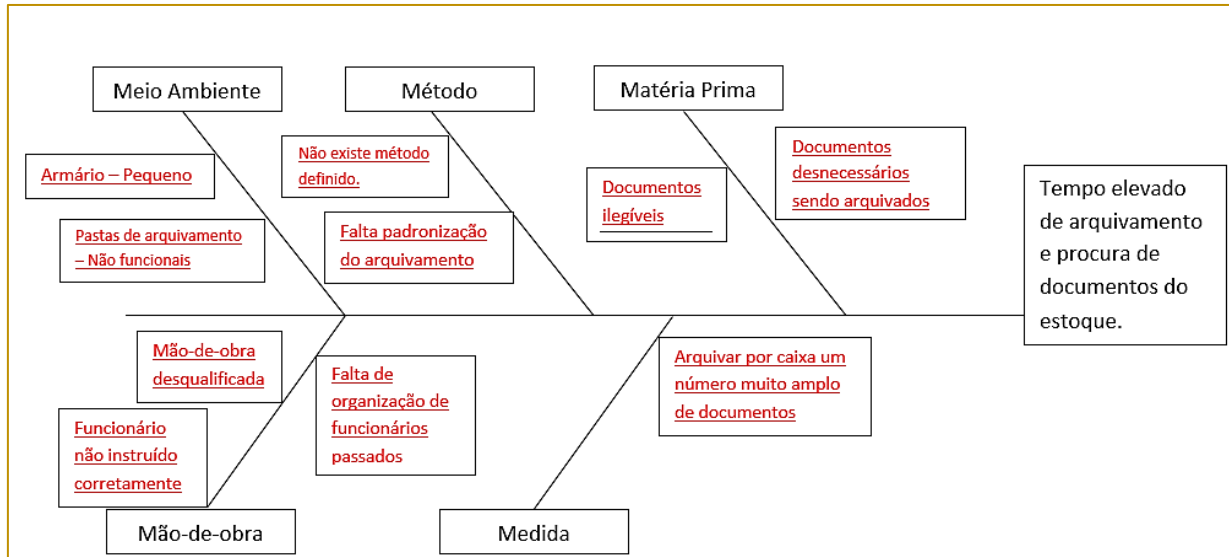




procura de um documento específico de cerca de 20 minutos.

Foi feita uma coleta e análise dos dados do processo através de um diagrama de *Ishikawa*, mostrado na Figura 4.

Figura 4: Diagrama de *Ishikawa* para o processo de arquivamento de documentos do Estoque.



Realizou-se então a técnica do *Brainstorming* onde os funcionários propuseram soluções para a melhoria do processo. As ideias escolhidas para serem aplicadas foram:

- - Trocar armário atual por um armário de gaveta;
- - Organizar as gavetas por fornecedor;
- - Arquivar em intervalos (espaços) menores de documentos;
- - Padronizar a identificação do armário, pastas e gavetas;
- - Organizar os documentos em ordem crescente;
- - Eliminar os papéis desnecessários;
- - Colocar em outro lugar os

documentos de “Requisição de Material”;

- - Determinar um máximo de documentos por pastas e gavetas;
- - Identificar as pastas/gavetas;
- - Checar a legibilidade dos documentos.
- Logo após o *Brainstorming* a Equipe estabeleceu como meta um tempo médio de procura de um documento específico em 2 minutos.

A Equipe registrou as medidas a serem realizadas através do método dos “5W2H”, apresentado a seguir (Figura 5).

Figura 5: Plano de Ação do processo de arquivamento de documentos (5W2H).

PROJETO KAIZEN PILOTO						
Processo: Procura e arquivamento de documentos (no estoque)		Objetivo: Melhora do arquivamento do estoque		Meta: <b>Encontrar e guardar o documento em até 2 min.</b>		
Elaborado por: Líder da Equipe Kaizen						
O que? (ação)	Por que?	Onde?	Como?	Quem?	Quando?	Quanto Custa?
Troca do armário (por um armário de gavetas, que a Empresa A já possui)	Para facilitar o arquivamento dos documentos	Estoque	Retirar o armário atual e colocar o armário que será utilizado no lugar	EQUIPE KAIZEN	Prazo de duas semanas	N/A
Organizar as gavetas de acordo com o fornecedor	Para garantir maior agilidade na procura de documentos	Estoque	Colocar um fornecedor por gaveta, quando necessário poderá ser colocado mais, porém deve			N/A
Arquivar as invoices em intervalos menores dentro das pastas	Para que a gaveta não fique super lotada e que se torne mais maleável o processo	Estoque	Escolhendo um intervalo que não deixe as gavetas excessivamente cheias			N/A
Padronizar a identificação do armário e das gavetas	Para que seja possível manter a nova organização, de um modo que outros funcionários a sigam com facilidade	Estoque	Através de papéis descrever o que está armazenado na gaveta e colá-lo na mesma (de maneira clara e precisa)			N/A
Organizar os documentos em ordem crescente	Para aumentar a agilidade na procura por documentos	Estoque	Separando os documentos e arquivando-os em ordem crescente			N/A
Eliminar papéis desnecessários	Eliminar excesso e otimizar espaço	Estoque	Verificando se existi documentos repetidos ou sem utilidades			N/A
Colocar em outro lugar os documentos de "requisição de Material"	Para que tenha apenas uma espécie de documento dentro deste armário.	Estoque	Separando os documentos de "Requisição de Material" e os colocando em outro lugar. (Galpão)			N/A
Determinar um máximo de pastas por gaveta	Para que a gaveta não fique super lotada e que se torne mais maleável o processo	Estoque	Colocando as pastas dentro da gaveta e determinar um número de pastas que permita deslocá-las pela gaveta			N/A
Colocar o fornecedor no relatório de requisição que é gerado no sistema	Para facilitar a procura pela documentação	Estoque	Entrar em contato com o apoio do sistema e perguntar se é possível. Caso seja, pedir ajuda para o mesmo.			N/A
Checar a legibilidade dos documentos	Para facilitar a procura pela documentação	Estoque	Checar todos os documentos e se estão legíveis			N/A

Após a realização destas medidas o processo de armazenagem de documentos conseguiu ser organizado, padronizado e a meta de realizar a procura de documentos em 2 minutos foi superada. (Tem-se como nova média um tempo de 1 minuto e 41 segundos).

Os benefícios conseguidos pelas melhorias realizadas foram listados abaixo:

- Devido a atividade possuir baixo valor agregado o funcionário responsável não irá mais "perder" tempo na sua execução e, conseqüentemente, não atrasará suas atividades de maior valor agregado.
- O desgaste que o funcionário enfrentava ao procurar um documento onde não existia padronização foi eliminado.

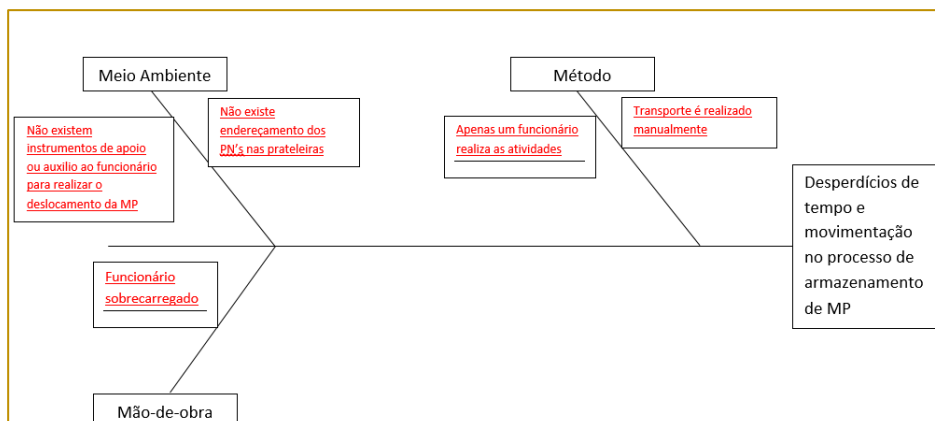
Para registrar de uma maneira clara o que foi feito e quais benefícios atingidos pelo Projeto *Kaizen* a Equipe criou um relatório A3, que foi passado para os demais funcionários da empresa.

## 5.2 MELHORIAS NO PROCESSO DE ARMAZENAMENTO DE MATÉRIA PRIMA

Para realizar o processo de armazenamento de matéria prima eram necessárias diversas movimentações pois as áreas de recebimento e armazenamento não são próximas. O funcionário carregava a matéria prima à mão, o que causava desgaste e desperdício de tempo. O número médio de "viagens" realizadas no processo de armazenamento de matéria prima era de 10 viagens. Quando o funcionário ia armazenar a matéria prima ocorria uma demora para identificar em qual prateleira ela deveria ser colocada. O tempo de processo foi estimado em 40 minutos.

A apresentação dos problemas da armazenagem de matéria prima está demonstrada no Diagrama de *Ishikawa* (Espinha de Peixe), Figura 6.

Figura 6: Diagrama de *Ishikawa* para o processo de armazenamento de matérias primas.



Após a realização do diagrama de espinha de peixe o time fez um *Brainstorming* e as ideias escolhidas foram:

- Desocupação de uma bancada móvel do estoque (que era usada como mesa e armazenava diversos objetos) para ser usada como instrumento de apoio do funcionário;
- Endereçamento dos PN's (part numbers da matéria prima) nas prateleiras;

- Melhoria no *layout* do estoque para que fosse possível transportar todo o material na bancada em uma única viagem.

A Equipe *Kaizen* definiu como meta a realização de um máximo de duas viagens para a armazenagem de matéria prima e execução do processo em 20 minutos. Para isso, o *layout* do estoque necessitava ser melhorado. A figura a seguir (figura 7) representa o estoque antes do Projeto *Kaizen*.

Figura 7: Representação do Estoque antes do Projeto *Kaizen* Piloto.



Para melhorar o *layout* do Estoque, tornar possível a identificação correta de cada matéria prima e realizar a desocupação da bancada móvel necessária para o transporte da matéria prima o time se propôs a aplicar os 5S's no Estoque.

A Equipe *Kaizen* fez o registro das medidas a serem tomadas através do método "5W2H", apresentado a seguir (Figura 8).

Figura 8: Plano de Ação do processo de armazenamento de matérias primas (5W2H).

Projeto KAIZEN Piloto Armazenamento de MP						
Processo: Armazenamento de matéria prima		Objetivo: Armazenar a matéria prima dentro do estoque mais rapidamente	Meta: Reduzir o número de indas e vindas para duas vezes.			
Elaborado por: Líder da Equipe Kaizen						
O que? (ação)	Por que?	Onde?	Como?	Quem?	Quando?	Quanto Custa?
Conseguir transportar o maior número de MP por "viagem"	Para conseguir levar uma quantidade maior de MP com o mesmo esforço e movimentação	Área de recebimento (Estoque)	Realizar o transporte com uma bancada móvel.	EQUIPE KAIZEN	Prazo de duas semanas	N/A
Melhorar o layout do estoque	Para facilitar o deslocamento do funcionário	Área de recebimento (Estoque)	Realizar um 5S no estoque			N/A
Padronizar a identificação das prateleiras, PN's e MP.	Para facilitar o processo de armazenagem de matéria prima	Área de recebimento (Estoque)	Etiquetas de identificação padronizadas para os PN's e MP; Etiquetas padronizadas, usadas para identificação das prateleiras, armários e mesas onde a MP e os PN's são armazenados;			N/A

As metas dos 5S's foram: melhoria do *layout* e desocupação de uma bancada móvel.

As ações dos 5S's realizadas na Empresa A foram:

1. Ações para *Seiri* (Senso de Seleção) – Foram retirados do local: lixo, materiais que estavam guardados no local incorreto, materiais que não eram mais utilizados. Com isso foi possível desocupar 4 armários, uma mesa e uma bancada móvel.
2. Ações para *Seiton* (Senso de Ordenação) – Quanto aos objetos restantes estes foram organizados corretamente e depois devidamente identificados.
3. Ações para *Seiso* (Senso de Limpeza) – O local provou conter muita sujeira. Devido a isto durante e após os 5S's, foi realizada a limpeza do local.
4. Ações para *Seiketsu* (Senso de Higiene) – Foi feita uma padronização quanto à arrumação e limpeza do local, disponível para os funcionários. Cada prateleira foi devidamente identificada.
5. Ações para *Shitsuke* (Senso de Auto-Disciplina) – Os funcionários foram incentivados pela Equipe *Kaizen* a manter a ordem e a limpeza do local e a dar sugestões de melhoria sempre que necessário. Esta ação deve sempre se manter com rigor.

Durante a aplicação dos 5S's foi possível realizar as ações de melhoria decididas no *Brainstorming*. Os 5S's também mostraram que a má organização do Estoque influenciava outros processos, como o de

compras. Muitos materiais de limpeza e de uso diário (como pastas, grampeadores, canetas, etc.) tinham sido comprados sem necessidade pois já tinham no estoque (em grande quantidade, vale adicionar), só que a má organização fazia com que o funcionário não encontrasse esses itens. Também se encontrou matéria-prima que tinha sido "esquecida" pela má organização do estoque.

Ou seja, a aplicação dos 5S's demonstrou a grande necessidade de uma organização padronizada. Essa padronização foi realizada, evitando assim futuras compras incorretas e desperdício de matéria-prima.

A realização das medidas de melhoria gerou uma otimização do processo de armazenamento de matérias primas, que se encontra devidamente organizado e padronizado. A meta de realizar uma média de duas "viagens" foi cumprida e a meta de diminuir o tempo do processo em 50% foi superada. O processo de armazenagem de matéria prima, que antes demorava em média 40 minutos, hoje apresenta uma média de 17 minutos.

Os benefícios conseguidos pelas melhorias realizadas no processo de armazenagem de matéria-prima estão listados abaixo:

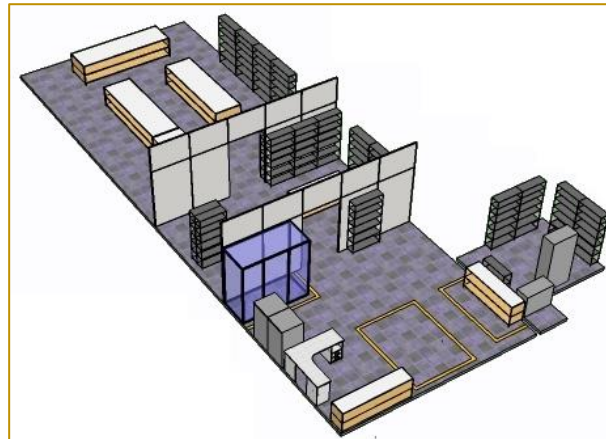
- Aumento significativo do espaço útil do estoque (houve um aumento de aproximadamente 30% do espaço útil);
- possibilidade de locomoção da bancada móvel;
- Padronização do processo;

- Padronização da organização do estoque;
- Aumento da sensação de bem-estar dos funcionários, pois o local ficou mais limpo, espaçoso e organizado;
- Redução do desperdício de tempo em 57,5% e de movimentação em 80%;

- Diminuição do desgaste do funcionário responsável pela armazenagem da matéria prima.

A figura a seguir (figura 9) representa o estoque após as melhorias do Projeto *Kaizen*

Figura 9: Representação do Estoque Após o Projeto Kaizen Piloto.



Durante a melhoria do *Layout*, o funcionário responsável pela inspeção da matéria prima sugeriu que a área de inspeção fosse demarcada (bem como a área de "quarentena" dos produtos). A Equipe *Kaizen* viu essa sugestão com bons olhos, e implementou-a, como é possível ver na figura acima.

O registro deste *Kaizen* também foi feito em um relatório A3 e passado para os demais funcionários da empresa.

### 5.3 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Durante a execução do Projeto *Kaizen* Piloto os funcionários foram encorajados a pensar quais dos sete desperdícios *Lean* faziam parte dos processos analisados e o que poderia ser melhorado com a mitigação dos mesmos. A importância de pequenas melhorias também foi muito discutida por toda a equipe *Kaizen*.

A metodologia *Kaizen* é simples, porém, para ser bem-sucedida exige determinação, pois o *Kaizen* deve representar uma mudança de cultura da empresa (IMAI, 2011).

Esta definição condiz com a implantação do *Kaizen* na Empresa A. Inicialmente, a Equipe de Qualidade encontrou dificuldades para convencer os funcionários dos benefícios do

*Kaizen*. Mas, após a implantação do mesmo, a Equipe de Qualidade notou uma mudança de atitude e os funcionários passaram a incorporar alguns dos conceitos ensinados em sua rotina de trabalho.

O cronograma idealizado pela Empresa A diferiu da teoria estudada pois a equipe *Kaizen* flexibilizou o tempo do mesmo. O cronograma foi cumprido, mas com dificuldade, pois o Projeto *Kaizen* Piloto enfrentou imprevistos que trouxeram atraso, tais como: absenteísmo, auditoria externa, mercadoria retida no porto, etc.

Em virtude dos imprevistos citados a Equipe *Kaizen* não conseguia se reunir diariamente, como planejado, conforme preconizado na teoria estudada. Apesar disso, todas as metas foram cumpridas e os funcionários se familiarizaram com a metodologia e ideias do *Kaizen* e da cultura *Lean* que lhes foram apresentados.

O comprometimento com o projeto, o trabalho em equipe e a habilidade de analisar logicamente os problemas apresentados foram os fatores que influenciaram o sucesso da aplicação do Projeto *Kaizen* Piloto.

Quanto ao programa 5S, realizado durante a melhoria do processo de armazenagem de matéria prima, cabe ressaltar que os resultados foram muito positivos. Entretanto,



para que estes resultados sejam mantidos a longo prazo é necessária muita disciplina.

Após a realização do Projeto *Kaizen* Piloto outras áreas da empresa (como as áreas de Logística e de Compras), que não participaram da execução e treinamentos *Kaizen* mas viram os resultados do mesmo, solicitaram que fossem realizados eventos *Kaizen* para as mesmas.

A alta gerencia se sentiu satisfeita com o resultado o que levou a área de Qualidade da Empresa a criar como metas: a manutenção dos resultados alcançados pelo Projeto *Kaizen* Piloto, a realização de mais quatro Projetos *Kaizen* e a aplicação do Projeto *Kaizen* em processos produtivos mais complexos, procurando reduzir custos.

### 5.3.1 ANÁLISE DA MANUTENÇÃO DA FILOSOFIA LEAN, UM ANO E MEIO APÓS A APLICAÇÃO DO PROJETO KAIZEN PILOTO

Apesar dos resultados positivos, para afirmar-se como uma empresa *Lean*, que segue uma filosofia de melhoria contínua, a Empresa A precisa de anos de prática, até que os Projetos *Kaizen* se tornem comuns e

rotineiros, bem como os conceitos de padronização e redução de desperdícios.

Após um ano e meio, os processos aqui descritos foram analisados novamente, procurava-se saber se os resultados positivos foram mantidos, e se novos *Kaizen* foram realizados, dando continuidade à filosofia *Lean* baseada na melhoria contínua.

Os processos melhorados mantiveram o conceito de padronização, e hoje, apresentam os seguintes resultados:

- - Tempo de processo de arquivamento de documentos: média de 1 minuto e 15 segundos;
- - Tempo de processo de armazenamento de matéria prima: média de 15 minutos;
- - Número de viagens do processo de armazenamento de matéria prima: média de duas viagens;

É possível perceber uma pequena melhora no tempo destes dois processos. A imagem a seguir (figura 10) demonstra claramente a melhoria do layout do estoque, representando-o antes do *Kaizen*, logo após as melhorias aplicadas pelo *Kaizen*, e um ano e meio após a aplicação do Projeto *Kaizen* Piloto.

Figura 10: Representação do Estoque antes do Projeto *Kaizen Piloto*, logo após o *Kaizen* e Um ano e meio após o *Kaizen*.



A empresa continua a se empenhar na busca por uma cultura *Lean*, e para isso, usa-se o *Kaizen* como base, aplicando-o hoje tanto nas áreas administrativas quanto produtivas. Percebe-se, portanto, que a empresa conseguiu transformar sua cultura, aderindo a mesma aos princípios da filosofia *Lean*.

## 6. CONCLUSÃO

Com base na análise dos resultados pode-se considerar que a aplicação do Projeto *Kaizen* foi bem-sucedida, os objetivos propostos foram atingidos e houve uma melhoria considerável do processo de estocagem, gerando muitos benefícios para a empresa e o bem-estar de seus funcionários.

A aplicação do Projeto Kaizen no setor de Estoque proporcionou os seguintes ganhos: aumento da eficiência do processo de estocagem, melhoria do *layout* da área do estoque e redução dos desperdícios de tempo e de movimentação em cerca de 50%. O projeto também proporcionou uma mudança na mentalidade dos funcionários da empresa, trazendo uma aceitação a cultura *Lean*, que se mantém até o presente momento.

Analisando o cenário da empresa um ano e meio após a aplicação do Kaizen *Piloto*, pode-se dizer que a mesma caminha a passos largos para ser bem-sucedida em sua manutenção da cultura *Lean*. Adiciona-se que a combinação do 5S's e das ferramentas de qualidade utilizadas (Diagrama de Ishikawa, Técnica de *Brainstorming*, 5W2H, Fluxograma e Relatório A3) facilitam o desenvolvimento de projetos de melhoria contínua, sendo incentivado o uso das mesmas.

## REFERÊNCIAS

- [1] Brasil. Lei Complementar Nº 123, de 14 de Dezembro de 2006. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/LCP/Lcp123.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/LCP/Lcp123.htm)>. Acesso em: 26 de agosto, 2015
- [2] Chiarini, Andrea. *Lean Organization: From The Tools Of The Toyota Production System To Lean Office*, Volume 3. Published by Springer Milan, 2013.
- [3] Elbert, Mike. *Lean Production for The Small Company*. Published by CRC Press Taylor & Francis Group, 2013.
- [4] Imai, Masaaki. *Gemba Kaizen: A Common Sense Approach To A Continuous Improvement Strategy*, Second Edition. McGraw-Hill Professional Publishing, 2012.
- [5] IMAI, Masaaki. *Kaizen A Estratégia Para O Sucesso Competitivo*, 7ª Edição. Editora IMAM, 2011
- [6] Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). *As Micro e Pequenas Empresas Comerciais e de Serviços no Brasil*. 2001. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/microempresa/microempresa2001.pdf>> Acesso em 19 jun. 2015.
- [7] Juran, Joseph M. *Juran's Quality Handbook*, Fifth Edition. McGraw-Hill International Editions: Industrial Engineering Series. USA. New York, 2000.
- [8] Leone, N.M. As especificidades das pequenas e médias empresas. São Paulo: Revista de Administração, v.34, n.2, p.91-94, abril/junho 1999. Disponível em <<https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0CB0QFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.rausp.usp.br%2Fdownload.asp%3Ffile%3D3402091.pdf&ei=0k-VVcnWIYmigwTnzbmGcg&usq=AFQjCNFTcD3ohXmqER50LeBYCTyvDPLsLg&sig2=MEXAGkr5Gp-cQtnlaxrRgg>> Acesso em 18 jun. 2016.
- [9] Liker, Jeffrey K. *The Toyota Way*: 14 Management Principles From The World's Greatest Manufacturer. International Edition, McGraw-Hill, 2004
- [10] Mclean, Timothy. *Grow Your Factory, Grow Your Profits. Lean For Small And Medium Sized Manufacturing Enterprises*. CRC Press, 2015.
- [11] Monden, Yasuhiro. *Toyota Production System An Integrated Approach To Just-In-Time*. Second Edition. CHAPMAN & HALL. Institute of Industrial Engineers, 1994.
- [12] Ohno, Taiichi. *O Sistema Toyota de Produção*. Porto Alegre: Bookman, 1997.
- [13] Rother, Mike. *Toyota Kata Managing People For Improvement, Adaptiveness, And Superior Results*. Publishe by McGraw-Hill, 2010
- [14] Santos, Antonio Raimundo dos. *Metodologia Científica: A Construção Do Conhecimento*. Rio de Janeiro: Lamparina, 2007. 7ª Edição.
- [15] Seleme, Robson; Stadler, Humberto. *Controle Da Qualidade, as Ferramentas Essenciais*. Editora IBPEX Dialógica. 2ª Edição. Curitiba, 2012.
- [16] Serviço Brasileiro DE Apoio ÀS Micro E Pequenas Empresas (Sebrae). *Causa Mortis*. O sucesso e o fracasso nos primeiros 5 anos de vida. SEBRAE-SP, 2014. Disponível em: <[http://www.sebraesp.com.br/arquivos\\_site/biblioteca/EstudosPesquisas/mortalidade/causa\\_mortis\\_2014.pdf](http://www.sebraesp.com.br/arquivos_site/biblioteca/EstudosPesquisas/mortalidade/causa_mortis_2014.pdf)>. Acesso em 23 de ago. 2016.
- [17] Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (Sebrae). *Unidade de Gestão Estratégica – UGE. Participação das Micro e Pequenas Empresas na Economia Brasileira*, 2014. Disponível em: <<http://www.sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/Estudos%20e%20Pesquisas/Participacao%20das%20micro%20e%20pequenas%20empresas.pdf>>. Acesso em 29 jul. 2016
- [18] Shingo, Shigeo. *O Sistema Toyota de Produção do Ponto de Vista da Engenharia de Produção*. Porto Alegre: Bookman, 1996.

[19] Slack, Nigel; Chambers, Stuart; Johnston, Robert. Operations Management. Published by Prentice Hall financial Times. Sixth Edition, 2010.

[20] Womack, James P.; Jones, Daniel T. A mentalidade enxuta nas empresas: elimine o desperdício e crie riqueza. Rio de Janeiro: Campus, 1998.

# Capítulo 12

## *MELHORIAS IMPLANTADAS PARA ATENDER AS EXIGENCIAS DA NR 12 EM UMA EMPRESA NO POLO INDUSTRIAL DE MANAUS (PIM)*

*Charles Ribeiro de Brito*

*Wesley Gomes Feitosa*

*Welleson Feitosa Gazel*

*Delmar Leda de Ataíde*

*Jorge Luiz Oliveira Regal*

*Mesaque Silva de Oliveira*

**Resumo:** Esta pesquisa está sendo realizada a fim de obter melhorias significativas no equipamento em questão em termos de produção, segurança e automação. Atendendo todos os requisitos solicitados na NR 12 para com os operadores. Atribuindo os aspectos ergonômicos redigida na norma e suprimindo as necessidades exigidas, a mesma. Também de maneira tal que venha a contribuir na elevação da produção diária sem colocar em risco a integridade física dos operadores que nela trabalham. Tendo em vista os problemas anteriores as melhorias, o intuito é mostrar que com todas as melhorias feitas na máquina é possível ainda traçar sempre novas perspectivas ainda que essas seja apenas as primeiras de muitas que ainda viram no decorrer dos anos, sempre em busca da alta produção com qualidade nos produtos e a máxima segurança para com os operadores que trabalham diariamente na máquina.

**Palavras Chave:** Segurança solicitada pela NR12, produção com qualidade.

## 1. INTRODUÇÃO

Iremos abordar a área de automação, segurança e produção em uma máquina de grande porte, uma desbobinadeira, em atendimento a NR 12 com análise profunda de adequação da mesma nos padrões técnicos recomendados pela norma regulamentadora.

Todas as máquinas e os equipamentos com acionamento repetitivo, que não tenham proteção adequada oferecendo risco ao operador, devem ter dispositivos apropriados de segurança. (NR 12, 2012).

Sobre a questão de segurança, sabemos que a norma NR 12 determina que máquinas desse porte como a que estamos estudando tem que está com uma proteção adequada e com dispositivos de segurança apropriados para tal operação. Sempre buscando maneiras que possam vim a atender o que se pede na norma regulamentadora.

A desbobinadeira 16.3 é um equipamento utilizado no setor industrial metal mecânico, tendo como estrutura cinco roletes acoplados em suas extremidades em uma caixa com engrenagens girada pelo motor da esteira de 50 cvs de potência, é alimentado com energia de 380 volts trifásico, no equipamento temos uma guilhotina de ferro fundido com 1200 mm de comprimento, cortando chapas de aço com espessura de ¼" de polegada, a mesma também é composta por um "pé" e um cilindro pneumático, que quando é acionada a esteira, o mesmo prende a bobina e a guilhotina baixa fazendo um corte preciso na chapa de aço, após o corte o "pé" libera a chapa que segue na esteira dando continuidade no processo, os cortes das

chapas de aço podem ter diversos tamanhos de acordo com a necessidade do cliente, em seguida a chapa é distribuída em cima dos carros coletores, os mesmos são responsáveis a transportar as chapas cortadas para seu respectivo local aguardando sua retirada para o estoque, fazendo assim um processo repetitivo durante todo o turno de trabalho. A máquina possui uma estrutura em aço (1020) aço de baixa usinabilidade e de baixo custo financeiro, a mesma possui uma base específica, atendendo as obrigatoriedades técnicas exigidas.

No equipamento em que estamos estudando e analisando possíveis modificações estão sendo propostas diversas melhorias, sendo uma delas relacionadas à implantação de sensores de segurança; No mercado há diversos disponíveis que podem atender o problema, mas especificamente para esse caso propomos o sistema de relés de segurança modelos FWS 1205, 301, 324 devido à baixa complexidade do sistema a ser implantado, tendo eles diversas funções como o de bloquear e desbloquear as travas existentes nas grades de proteção.

O relé FWS 1205 tem como função monitorar uma parada segura da máquina e para o controle de travamento de segurança, quando relé detecta a parada o travamento de segurança e acionado através desses relés. A figura a seguir destaca-os.

A Figura 1 demonstra os relés FWS 1205, SRB 301MC e o SRB 324 ST utilizados na desbobinadeira.

Figura 3: Relés de Segurança FWS 1205/ 301/ 324



Fonte: ACERVO FOTOGRÁFICO (2015).



Nosso equipamento tem seus sensores compostos por relés de segurança como indica a figura 1 acima, sendo os mesmos instalados no painel de operação, devido às portas de segurança e a cortina de luz que serão instaladas no equipamento, não iremos usar CLP (computer logic program), devido à baixa complexidade do sistema, lógicas muito complexas utilizam os CLP, na máquina em estudo não será necessário, pois a mesma

tem uma lógica simples e seu custo benefício compensa mais o uso do relé.

Todas essas modificações estão sendo estudadas e mensuradas de maneira que venha a atender os requisitos da NBR 13852.

Seguindo no mesmo propósito, solicitamos também as portas com chave eletrônica tipo dois com bloqueio, como mostra a Figura 2 abaixo.

Figura 2: Chave eletrônica tipo dois com bloqueio



Fonte: ACERVO FOTOGRÁFICO (2015).

A utilização da chave eletrônica tipo dois com bloqueio é determinada pela norma, sendo as mesmas controladas por um relé FWS 301 MC com alimentação de 24 volts, baixa tensão determinada pela norma, “atendendo os requisitos da norma regulamentadora onde se pede que trabalhem com fusíveis em baixa tensão entre 12 a 30 volts. (NR12, 2012).

“Como observamos essa chave e do tipo dois que trava automaticamente, para o destravamento auxiliar É necessário girar a chave triangular (M5) disponibilizado pelo fabricante como acessório, e executar o destravamento de forma manual”. (SCHMERSAL, 2015).

O outro relé utilizado no equipamento é o FWS 1205, o mesmo é específico para momento de inércia da máquina, tendo também como função monitorar dois sensores do eixo principal do motor detectando o movimento dos eixos.

## 2. METODOLOGIA

Para a elaboração e construção desse trabalho teremos que usar diversas formas de metodologia buscando responder os questionamentos citados na introdução do mesmo, propondo através desses métodos que todas as melhorias e experimentos

citados no estudo irão contribuir de forma positiva para todas as áreas do equipamento e da área que o cerca, desta forma iremos utilizar os métodos teóricos, experimentais e dedutivos.

Os métodos teóricos compreendem a coleta de dados e informações sobre o equipamento em estudo, buscando qual a ferramenta mais apropriada para a resolução do problema existente na máquina, qual a melhor forma de ser implantado e de que forma esse método venha a ser executado no menor tempo possível. Contaremos com o uso de fotos para analisarmos o contexto em que se encontra o equipamento e com projeções do mesmo com o uso de todas as melhorias que estão sendo proposta nesse estudo.

O método experimental mensurou os dados coletados do equipamento e apresentou-se através de tabelas ou gráficos, realizaram-se os experimentos físicos como forma de teste, como exemplo foram realizados testes nos carros coletores de chapas, no que se referenciou o tempo de trajeto e sua produção em transportes das chapas, todos os outros experimentos tiveram a mesma abordagem, sendo eles registrados com fotos do antes e depois desses experimentos.

No método dedutivo foram analisadas as melhorias no equipamento e todos os



métodos empregados anteriormente, levando em consideração ganho no tempo de produção, qualidade final do produto e opinião dos colaboradores e clientes, para que juntamente com os outros métodos teóricos e experimentais tenhamos uma dedução de como será o projeto na sua forma final.

### 3.REFERENCIAL TEÓRICO

No estágio foi abordado trabalho como objetivo abordar sobre a área de segurança do trabalho, especificamente falando sobre a NR 12, e também sobre a área de automação industrial na máquina foi implantada melhorias sendo estudadas de maneira que venham a ser implantadas o mais breve possível. Assegurando todos os requisitos pedidos na norma.

No Brasil, em 1978 foi publicada a portaria nº 3.214, de 08 de junho, que aprova as normas regulamentadoras – NR. Hoje existem 33 NRs, constantemente revisadas e atualizadas. (NR 12, 2012).

Falando dos aspectos de sistemas de segurança temos anexos na norma específicos explicando todos os métodos e meios para sua implantação e normatização. Em um desses anexos descreve que:

Consideram-se como dispositivos de segurança os componentes que por si só ou interligados ou associados a proteções, reduzam os riscos de acidentes e de outros agravos a saúde. (SALVADOR, 2012).

Como nosso equipamento em estudo se trata de grande porte, existem diversos tipos de proteção para com os operadores como os de segurança, como os uso de sensores de presença, cortinas de luz para impedir a aproximação dos trabalhadores em áreas de riscos com a máquina em funcionamento, proteções fixas como o emprego de grades no perímetro que cerca a máquina sendo que a maioria das grades com sistema de bloqueio por meio de chaves eletrônicas que ao serem destravadas desligam a máquina imediatamente evitando assim acidentes graves com os operadores, e sem dúvida todas essas máquinas de grande porte devem conter um dispositivo de parada de emergência como determina a norma.

Sendo elas equipadas com um ou mais dispositivos de parada, por meio dos quais

possam ser evitadas situações de perigo latentes e existentes. (NR 12 – 2012).

“Os dispositivos de parada de emergência devem estar posicionados em locais de fácil acesso e visualização pelos trabalhadores em seus locais de trabalho e também por outras pessoas, sempre mantidos desobstruídos”. (SALVADOR, 2012).

Esse item da norma refere-se se maneira clara e objetiva para os dispositivos de parada de emergência alertando e explicando sobre sua posição e sempre manter-los desobstruídos de maneira que em uma emergência possa ser acionado, lembrando que o mesmo não pode ser usado como dispositivo de reiniciar a operação da máquina, cabe a empresa se atualizar e respeitar o que a norma determina.

Podemos observar que são muitos os acidentes com máquinas em geral, conhecemos as soluções para que estas situações não ocorram com tanta frequência, basta pô-las em prática, sem que haja exceções.

Acidentes com máquinas podem ocorrer não apenas durante a sua operação, mas também quando as atividades de manutenção ou limpeza são executadas. (NUNES, 2011)

Como podemos observar, Nunes descreve de forma coerente sobre os fatos que levam a acontecer acidentes de trabalho, destacando que não necessariamente precisamos ter um equipamento ligado para acontecê-lo, basta apenas um pequeno descuido na execução de uma manutenção seja ela de que tipo for como preventiva ou corretiva ou até mesmo na simples limpeza diária geralmente feita pelo próprio operador da máquina. Todos esses serviços podem proporcionar um grande risco de acontecer acidentes sejam eles de natureza leves ou até mesmo fatais.

Em relação às manutenções, inspeções, ajustes e reparos a norma determina que:

As máquinas e equipamentos devem ser submetidos à manutenção preventiva e corretiva, na forma e periodicidade determinada pelo fabricante, conforme as normas técnicas oficiais nacionais vigentes, na falta destas, as normas técnicas internacionais. (SALVADOR, 2012).

Nesse caso o equipamento em estudo tem sua manutenção realizada conforme a determinação do fabricante, sendo ela realizada por terceiros mais com toda

garantia necessária imposta pela empresa contratante. Visto que é um equipamento de grande porte trabalhando praticamente todas as horas certamente precisa de uma manutenção preventiva adequada, organizada, planejada com bastante atenção para a fim de evitar problemas na mesma, podendo assim trazer prejuízo a empresa e aos seus clientes.

#### 4. RESULTADOS

Nosso projeto trata-se de melhorias para um equipamento industrial chamado desbobinadeira 16.3. Durante o estudo deste trabalho abordamos diversos métodos para a possível conclusão do mesmo. Foram realizadas coletas de dados, utilizamos algumas ferramentas para mensurar os resultados obtidos, foram realizados experimentos físicos na máquina com as possíveis mudanças e também no período de pesquisa do projeto, obtivemos figuras e gráficos das melhorias implantadas, tudo isso foi feito a fim de obter-se um resultado esperado das melhorias no equipamento. Nossa pesquisa dividiu-se em três métodos ou resultados de pesquisa sendo eles; resultados teóricos, experimentais e dedutivos, onde cada um deles aborda de sua maneira ao mensurar os resultados.

Até a melhoria ser implantada, os carros coletores de chapas citados acima eram

movimentados manualmente com o emprego de força de no mínimo quatro operadores, podendo trazer serias complicações aos mesmos em caso de um possível acidente ou até mesmo o risco ergonômico pelo excesso de força que os mesmos tinham que empregar para deslocar os carros que carregados de produto acabado pesam cerca de cinco toneladas. Sendo essa operação realizada constantemente no decorrer do turno.

Com essa melhoria elaborada e implantada, diversos benefícios foram agregados a empresa sendo eles o ganho no tempo de produção, ganho de tempo e qualidade na parte operacional, essa melhoria foi realizada afim de que os operadores não precisem mais exercer grande esforço físico para realizar o deslocamento dos carros coletores após os mesmos estarem carregados de material beneficiado, observando que antes os carros coletores tinham seu carregamento de no máximo cinco toneladas, hoje em dia com a melhoria implantada esse mesmo carro transporta até 15 toneladas de produto final. Com a implantação desse motor o operador controla o carro através de uma botoeira.

Abaixo temos uma Figura 3 demonstrando a cortina de luz em parte, nesse caso mostra a parte do emissor de feixe de luz.

Figura 3: Cortina de luz com o emissor e receptor de feixe de luz



Fonte: Próprio autor, 2015.

Conforme a Figura 3 acima tem a esquerda da imagem o emissor de feixe de luz da cortina responsável em transmitir sinais para um espelho que fica a sua frente onde o mesmo converge esses feixes de luzes para outro espelho que fica paralelo a ele tem função de convergir esses feixes ao receptor de luz que fica paralelo ao emissor como mostra a figura acima.

O receptor de luz através de laser infravermelho tem como função a operação de que no momento em que qualquer objeto transpassa esses feixes ocorre o bloqueio e paralisação da máquina, e o mesmo só volta a funcionar se o operador fizer o reset no equipamento e a condição de circuito fechado do feixe for restabelecida. Observamos que o mesmo é fixado ao chão com quatro parafusos ajustados e um nível

para mantê-lo alinhado para que não haja problema na sua resolução obedecendo a distância estabelecida pelo fabricante. A

seguir temos a figura 4 indicando o receptor do feixe de luz.

Figura 4- Receptor do feixe de luz.



Fonte: Próprio autor, 2015.

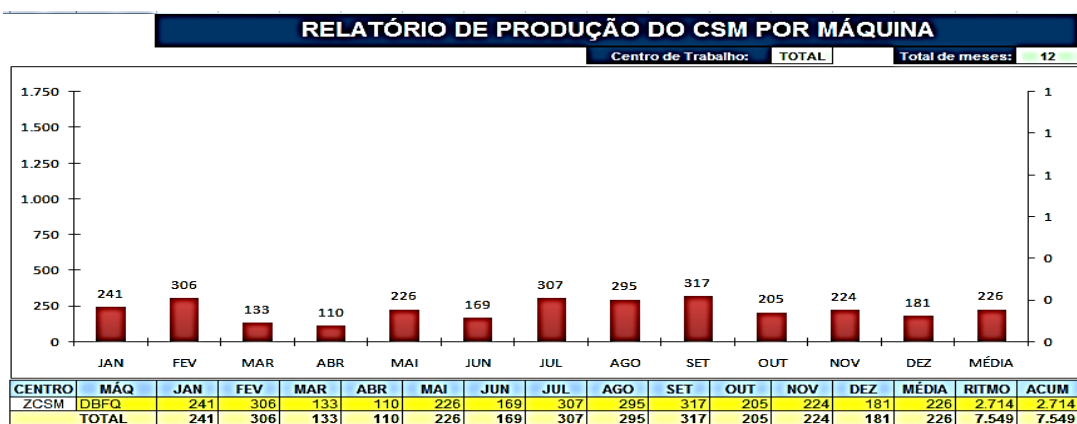
Tendo observado as melhorias serem implantadas foi constatado que conforme as mesmas estavam sendo realizadas, aperfeiçoadas e em fase de teste notou-se uma leve queda de produção devida os operadores estarem se adaptando as novas regras e procedimentos de operação. Obs. Toda a implementação realizada no equipamento trata-se de cumprimento de normas exigidas pela ABNT.

Não demorou muito para que os todos os colaboradores se adequassem aos novos procedimentos, através de treinamento e aperfeiçoamento oferecidos pela empresa, trazendo consigo novamente as metas que

antes eram atingidas facilmente mais sem qualquer segurança e se expondo a um sério risco de sofrer graves acidentes. Apesar de todas essas adversidades do passado em termos de segurança e automação, a empresa teve poucos casos de acidentes com afastamento e bastante lucro.

Com a implantação das melhorias obtivemos melhoras em todos os aspectos sejam eles de segurança ou de automação, a empresa retornou atingíveis suas metas de produção e com um produto final de melhor qualidade, conforme os gráficos estão mensurando abaixo.

Gráfico 1: Análise de resultados desbobinadeira ano 2013.

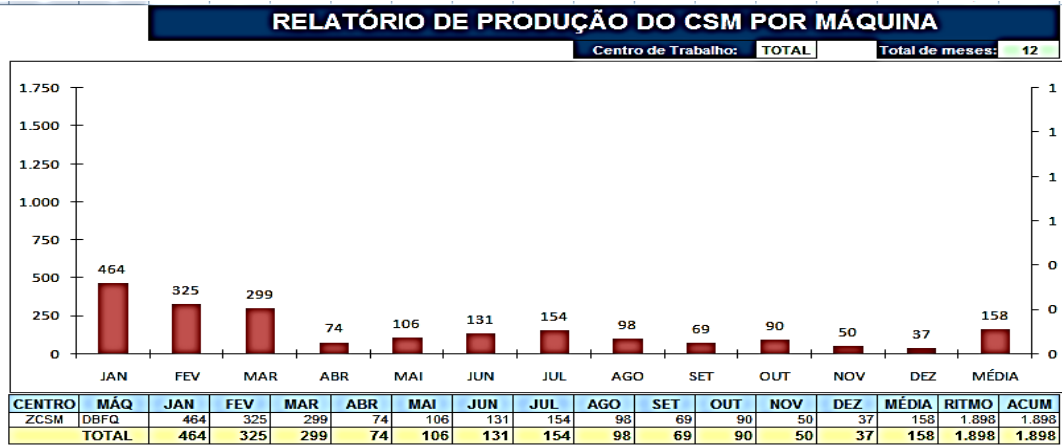


Fonte: Relatório Gerencial (2013)

No primeiro gráfico temos a análise de resultados obtidos no ano de 2013, dando todos os meses do ano e sua média de

produção respectivamente, ritmo e acumulado no decorrer do mesmo ano.

Gráfico 2: Análise de resultados desbobinadeira ano 2014



Fonte: Relatório Gerencial (2014)

No segundo gráfico de 2014, temos as mesmas referências do gráfico de 2013, com a diferença que obtivemos melhores e maiores produções e conseqüentemente melhores resultados. Observando que todos os aperfeiçoamentos da máquina foram realizados no decorrer do ano de 2013. Podemos atribuir isso ao resultado de que novos clientes surgiram acreditando nas melhorias implantadas na empresa visto que buscamos a máxima qualidade em nossos produtos e satisfação do cliente. Sem esquecer o empenho de todos os colaboradores que operam tal equipamento, que com treinamento e adaptação as melhorias nos deram tais resultados. Nossa média de produção foi maior que no ano anterior e com certeza deve-se esse fato as automatizações dos carros coletores de chapa e do carro hidráulico que posiciona as bobinas até o equipamento. Não podemos esquecer que todos esses procedimentos eram realizados de maneira manual, sem ajuda de qualquer equipamento.

## 5. CONCLUSÃO

Na elaboração desse trabalho obteve-se três tipos de resultados como definição sendo eles; teóricos, experimentais e dedutivos de onde podemos relatar as seguintes conclusões.

Conclui-se que no método teórico obtiveram-se bons resultados dentro do que se esperava com as diversas implantações, citamos como exemplo as grades de proteção que cercam a máquina e a cortina de luz dos carros coletores de chapa. Com essas implantações finalizadas a empresa teve seu procedimento de segurança atualizado trazendo consigo todos os benefícios que o mesmo lhe proporciona como a melhoria no trabalho dos operadores no que se refere à segurança e comodidade. Para essas duas melhorias serem implantadas houve a elaboração de layouts da planta onde situa-se a máquina para a implantação da barreira física e outros layouts do sistema de circuitos elétricos das portas de segurança e dos sensores de luz para ter todos os procedimentos realizados de forma correta e segura.

No método experimental obteve-se como conclusão de que com a implantação do motor no carro coletor de chapas resultaram em ótimos resultados na parte de produção e também na ergonomia dos trabalhadores, pois os mesmos tinham que deslocar os carros com grande quantidade de produto acabado exigindo um enorme esforço físico dos mesmos. No momento os carros coletores são compostos por dois motores elétricos de dois cvs cada, sendo o mesmo controlado pelo operador através de um sistema que envolve uma botoeira, fazendo o acionamento do motor

deslocando o carro até o seu local de parada. Outro procedimento de ótima conclusão foi à implantação de dois motores de 1,5 cvs no carro hidráulico de elevação das bobinas levando as mesmas até o equipamento onde inicia-se a produção, onde cada carro tem é controlado por uma botoeira situada na barreira física.

No método dedutivo mensuramos dois gráficos demonstrando o nível de produção do antes e depois das melhorias serem implantadas relatando suas etapas e o porquê de tais resultados serem bons ou ruins para a empresa.

## REFERÊNCIAS

- [1] Abnt Nbr NM-ISSO 13852:2003 - NR 12 - Segurança de máquinas, p. 20,21. Disponível em: <http://portal.mte.gov.br/data/anexol>. Acesso em 12 de março de 2015.
- [2] Capelli, Alexandre - Automação Industrial; São Paulo, Ed. Érica 2012/ 2ª edição, p. 15.
- [3] Norma Regulamentadora – NR 12, Máquinas e Equipamentos, p. 1, 4, 6, 7, Disponível em: <http://portal.mte.gov.br>. Acesso em 12 de março de 2015.
- [4] Norma Regulamentadora - NR 12, Aspectos Ergonômicos/ portaria SIT num. 197/ item 12.94 sub. Item g, p. 12. Disponível em: <http://portal.mte.gov.br/data/atualizada2103>. Acesso em 15 março de 2015.
- [5] Nunes, Antonio Barbosa Filho – Segurança do Trabalho & Gestão Ambiental; São Paulo, Ed. Atlas 2011/ 4ª edição, p. 121, 122.
- [6] Ramos, Fabrício da F. – Introdução a Sensores, 2006 p.1, 2. Disponível em: <http://www.ebah.com.br/content/Abaaabjuiaa/sensores>. Acesso em 11 de abril de 2015.
- [7] Rogério, Paulo da Silveira/ Santos, Winderson E. - Automação e controle discreto; São Paulo, Ed. Érica 2012 / 9ª edição, p. 11, 12, 23, 24.
- [8] Salvador, Roberto Reis - Segurança e saúde do trabalho; Normas regulamentadoras, São Caetano do Sul, Ed. Yendis 2012 / anexo 14, 9ª edição, p. 2, 156, 157, 163.

# Capítulo 13

## *UGV SOLUTIONS: UGVs E SUAS APLICAÇÕES PARA CIDADES INTELIGENTES*

*Daniel Rodrigues Ferraz Izario*

*Carlos Nazareth Motta Marins*

**Resumo:** Existe uma crescente demanda por sistemas robóticos, entre eles encontram-se os veículos terrestres não-tripulados (VTNT) que são robôs terrestres desenvolvidos para serem utilizados como uma extensão dos recursos humanos. O desenvolvimento de um veículo controlado remotamente envolve, principalmente, o controle de seus mecanismos básicos de condução: aceleração, frenagem e direção. O objetivo é mostrar a implementação dos projetos UGV Solutions, em um sistema de sensoriamento, monitoramento em tempo real e aplicabilidades para uso em cidades inteligentes, utilizando a ideia dos VTNTs. Toda essa ideiação é desenvolvida em um diagrama que apresenta como o sistema pode ser aplicado nas cidades inteligentes.

**Palavras Chave:** UGVs - Cidades Inteligentes - Arduino - Monitoramento - Sensoriamento.



## 1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de Veículos Terrestres Não-Tripulados (VTNT), em inglês, *Unmanned Ground Vehicles (UGV)* é dividido em sistema automático de controle, pelo qual os mecanismos recebem comandos para funcionamento e efetuam medições, sistema mecânico, sistema de comunicação que envolve os sistemas de transmissão e recepção de dados, e o sistema elétrico, que em geral proporciona toda a alimentação dos

sistemas anteriores. Na automação são aplicadas técnicas computadorizadas ou mecânicas para diminuir riscos ao ser humano e deixar o projeto viável para sua aplicação.

Baseado na necessidade de monitorar áreas remotas, de alto risco, ou até mesmo auxiliar no monitoramento de condomínios, foram desenvolvidos os projetos apresentados na Figura 4. São 4 projetos: *Bender UGV*, *Military UGV*, *Robotic Arm* e *RF Remote Control*.

Figura 4: Projetos *UGV Solutions*.



Existem diversas aplicações para os projetos, porém será apresentado aplicabilidades para uso em cidades inteligentes, onde a gestão deve estar presente para que toda a sociedade possa estar integrada com a tecnologia.

Esses veículos possuem sensores que podem monitorar e alertar, por exemplo, que determinada região está sobre risco de alagamento ou incêndio. Tudo isso só é possível devido a sensores integrados aos veículos que enviam dados como temperatura, luminosidade, nível de gás carbônico, humidade, em tempo real.

É possível acoplar, caso necessário, um braço robótico ao veículo, observando que nesse trabalho será demonstrado a parte de *software* para essa funcionalidade e um protótipo visual em acrílico.

Todo o controle dos veículos é feito por um controle remoto via rádio frequência (RF). Um suporte de câmera foi instalado na frente do

veículo de modo que todo o trajeto do veículo seja acompanhado em tempo real.

O restante desse artigo é organizado como se segue, no tópico 2, foi feita a explicação sobre os 4 projetos desenvolvidos, no 3, um detalhamento sobre a comunicação RF, no 4, o *website* é analisado com suas abas de desenvolvimento; em 5 é apresentado o diagrama de gestão e integração do sistema na sociedade, e pôr fim à conclusão.

## 2. UGV SOLUTIONS

### 2.1. BENDER UGV

O primeiro projeto desenvolvido foi o *Bender UGV*, apresentado na

Figura 5, tendo como principal desafio criar um veículo capaz de proporcionar uma relação autonomia x peso viável para as aplicações de monitoramento.

Figura 5: *Bender UGV*.

Deste modo, o chassi foi construído em alumínio (material resistente e ao mesmo tempo leve), com 6 motores *DC*. Cada roda tem seu aro fabricado em plástico resistente e pneus emborrachados com um certo grau de robustez.

O conjunto de rodas/motor foi fixado à estrutura do veículo em uma placa utilizando parafuso e porca, sendo utilizadas tiras de alumínio para proteger a carenagem do motor. A fixação foi feita de forma a permitir um deslocamento do conjunto em 360°. Tal deslocamento permite a rotação do veículo por direções distintas, conforme comando dado pelo controle remoto RF (PAULI, 1996).

Todos os motores foram conectados por meio de uma *Shield L293d - Driver Ponte H*, que faz o controle dos motores do veículo e do suporte da câmera, este circuito/*shield* foi o que apresentou as melhores características de acionamento. Sendo adequado para o controle de velocidade e direção dos motores utilizados, facilitando sua mobilidade durante a realização dos movimentos nas diferentes direções e ângulos: frente, ré, direita e esquerda.

Este veículo possui uma câmera que envia imagens em tempo real a um *software* que auxilia na segurança do ser humano,

possibilitando que o risco de morte ao necessitar monitorar uma área de risco seja mitigado, ou seja, o veículo substitui o ser humano e proporciona a ele uma visão mais afastada do local.

Para viabilizar o controle do veículo foi necessário buscar informações para fazer todo o levantamento de dados e assim, desenvolver um sistema de controle capaz de executar as ações. Tal levantamento serviu como incentivo para a identificação e determinação da melhor forma de controle e para a escolha dos recursos de *hardware* necessários para a sua construção e automação (SANTOS, 2011).

A construção e automação do sistema foi feita em duas etapas, sendo desenvolvidas em paralelo. A construção do *hardware* integrado à plataforma *arduino* e a elaboração de vários algoritmos, baseados na linguagem C, foram mais adequados ao propósito do projeto. Para maior autonomia de energia foi utilizada uma bateria recarregável de 12V / 7A.

Todo esse conceito de *hardware* é apresentado na

Figura 6, sendo possível observar todas as interligações existentes entre os componentes e o microcontrolador.

Figura 6: Ilustrativo do *hardware* - *Bender UGV*.

## 2.2. MILITARY UGV

No desenvolvimento do *Military UGV*, apresentado na Figura 7, foi feito um estudo para diminuir o tamanho e funções do projeto,

criando assim, um veículo *UGV* para uma única função, que é fazer a medição de gases tóxicos em um local e trazer um alerta para o usuário por meio de um farol *LED* de emergência acoplado ao veículo.

Figura 7: *Military UGV*.

Gases tóxicos e inflamáveis podem gerar grandes explosões, como são comprovadas por experiências já realizadas em laboratórios, transcorridos de vazamentos que geraram nuvens tóxicas ou explosivas no ambiente. Levando essa ideia em consideração, foi desenvolvido esse modelo de *UGV*. Nesse veículo, não foram feitos estudos para acionamento do circuito sem gerar faísca, para implementação deve-se levar em conta esse fato (LOPES, 2012).

Com a diminuição das funcionalidades, foi possível diminuir a bateria para 7,2V / 2500mA. O chassi é de polímero, que é um material resistente, com apenas 2 motores *DC*, utilizando lagartas, também conhecidas

como esteiras, que são as rodas do tanque de guerra, foram desenvolvidas para atuarem em vários tipos de terreno, tendo uma melhor aderência ao solo.

A fixação dos motores foi feita na parte de trás do veículo para prender as esteiras permitindo um deslocamento do conjunto em 360°, tudo controlado via comando dado pelo controle remoto RF. Isso só foi possível por meio da utilização da *Shield L298n - Driver Ponte H*, que faz o controle dos motores do veículo, este circuito/*shield* foi o que apresentou as melhores características de acionamento.

Todo o conceito de *hardware* desenvolvido no protótipo é apresentado na

Figura 8, nele é possível observar todas as interligações existentes entre os componentes

e o microcontrolador.

Figura 8: Ilustrativo do *hardware* - *Military UGV*.



### 2.3. ROBOTIC ARM

O *Robotic Arm*, apresentado na

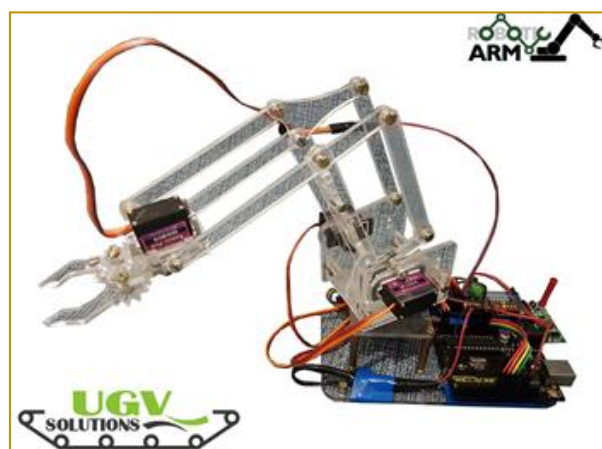
Figura 9, foi criado com o intuito de poder ser anexado aos veículos *UGVs* ou não, essa possibilidade depende da utilização do mesmo no ambiente. Um *arduino UNO* tem a função de fazer o total controle do braço robótico, recebendo comandos enviados pelo controle remoto RF.

O Braço Robótico faz uso de 4 *Micro-Servos TowerPro MG90s*, que possibilitam uma

grande variação nos eixos X, Y e Z. Além disso, permite que o mesmo possa pegar objetos pequenos no ambiente onde se encontra o veículo.

O controle de forma sincronizada, tendo uma resposta adequada, só foi possível devido a *Shield Controladora Servo 16 canais*, nela é possível o envio do sinal apenas uma vez e o canal mantém a posição *PWM* escolhida enquanto desejar, facilitando assim, o *arduino* identificar a qual servo deveria funcionar e em qual ângulo.

Figura 9: *Robotic Arm*.



Para conseguir que os servos estivessem nas posições solicitadas, foi preciso fazer um estudo, eles podem ser danificados se não for aplicada uma tensão de controle correta ou

correr o risco de ter movimentos limitados, com isso, foi necessário desenvolver um algoritmo, capaz de adaptar cada servo a um ângulo inicial, utilizando como base as

bibliotecas do *arduino*, “*Wire*” e “*Adafruit\_PWMServoDriver*” (MONK, 2014).

Figura 10: Ilustrativo do *hardware - Robotic Arm*.



Um servo se move aproximadamente 180 graus, variando de um modelo para o outro. Portanto, para centralizar a posição é possível adotar 90 graus. Os pulsos mínimos (ANGULOMIN) e máximos (ANGULOMAX) são definidos como fixos para adequar e simplificar o código, mas isso, vai depender da necessidade do braço robótico. O código lê uma informação de entrada pela porta serial do *arduino*, que é o canal onde o servo está conectado e a sua posição, avaliada pelo ângulo desejado (de 0 a 180) e comandos para ligar ou encerrar, no caso, “*ON*” e “*OFF*”.

Todo esse conceito foi viabilizado por meio de muitos testes para chegar a um código mais resumido e capaz de realizar todas as necessidades levantadas durante o processo

de desenvolvimento do *Robotic Arm*, mas de forma geral acabou sendo útil para entender qual é o processo de comunicação de uma *shield* interligada com o *arduino*.

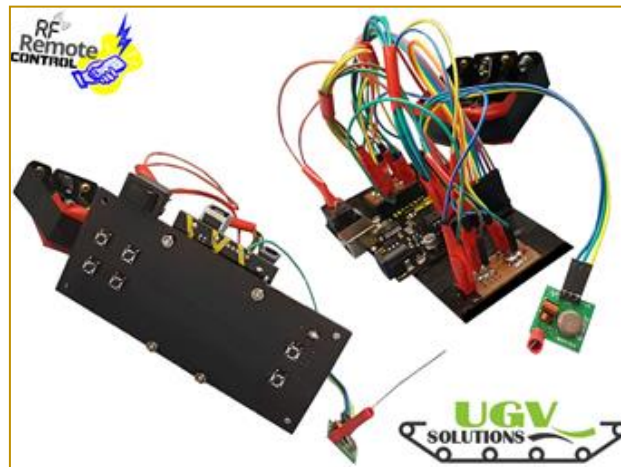
Todo o conceito de *hardware* desenvolvido no protótipo do braço robótico é apresentado na Figura 10, nele é possível observar todas as interligações existentes entre os componentes e o microcontrolador.

#### 2.4. RF REMOTE CONTROL

O *RF Remote Control*, apresentado na Figura 11 foi criado para a comunicação com os *UGVs*, nele é possível dar comandos específicos via um transmissor RF, e os veículos contendo um receptor RF interpretam essa informação e executam.



Figura 11: RF Remote Control.



Para o *arduino* ser capaz de interpretar as informações dos *inputs* dos botões e depois enviar esse dado via um transmissor RF em forma de uma variável *int* que controla qual o movimento o veículo deverá executar, utilizando como base a biblioteca “*VirtualWire*” (MONK, 2014).

Todo o conceito de *hardware* desenvolvido no protótipo é apresentado na Figura 12, nele é possível observar todas as interligações existentes entre os botões e o microcontrolador, além da conexão com o transmissor de sinal RF.

Figura 12: Ilustrativo do *hardware* - RF Remote Control.

### 3. COMUNICAÇÃO RF

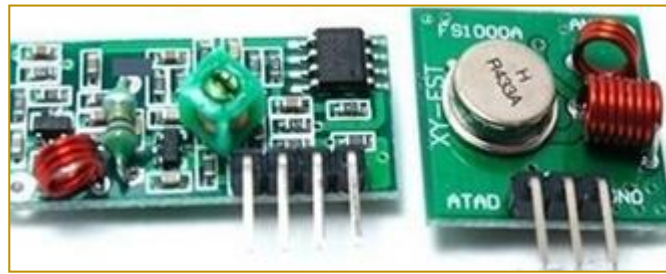
Existem várias maneiras de fazer a comunicação entre sistemas que envolvem *arduino*, as mais comuns são o uso de *shields*: *bluetooth* e de RF (Rádio Frequência). A comunicação via *bluetooth* é amplamente utilizada no *arduino*, ela é uma forma simples e barata de enviar e receber informações

remotamente, mas esse envio só funciona para curtas distâncias, o alcance do módulo segue o padrão *bluetooth*, que é de aproximadamente 10 metros (RIBEIRO, 2012).

Devido a essa limitação do *Shield Bluetooth*, os projetos do *UGV Solutions*, utilizam o Módulo RF Transmissor + Receptor 433 MHz, apresentado na Figura 13.



Figura 13: RF Transmissor + Receptor 433 MHz.

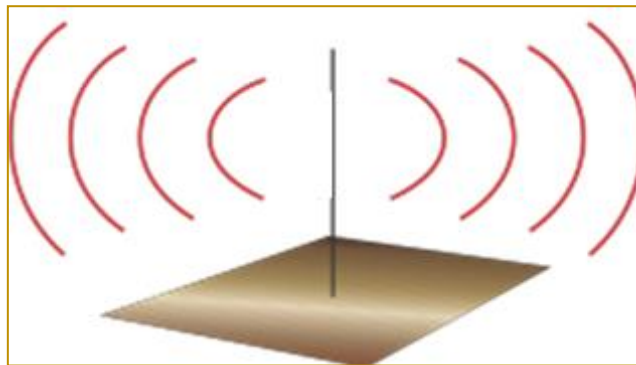


Existem vários modelos de antenas, todas elas executam uma tarefa importante nas redes de transmissão/recepção de sinal. É com elas, que acontece a transferência da energia a partir do transmissor para o meio onde se propagará, e daquele meio ao receptor. A eficiência desse sistema depende do desempenho dos fatores irradiantes ou das recepções a ele conectado, por isso se desenvolveram vários modelos de antenas, dentre estas, podem ser citadas as mais comuns: a monopolo e a dipolo (RIBEIRO, 2012).

A antena monopolo é muito utilizada atualmente, o modelo monopolo de quarto de

onda foi escolhido para ser colocada nos projetos da *UGV Solutions*, devido ao seu padrão de radiação omnidirecional, com isso, quando há alguma mudança em seu posicionamento, não precisa estar orientada a algum ponto para manter constantes os sinais. A antena monopolo de quarto de onda deve estar em um plano Terra, como apresentado na Figura 11, é deste que deriva a sua polarização. A monopolo deve necessariamente estar polarizada em relação ao seu plano de Terra, verticalmente (RIBEIRO, 2012).

Figura 14: Ilustrativo da Antena.



No uso com os projetos da *UGV Solutions*, foi preciso desenvolver um código capaz de executar mais de um movimento, então, a cada direção será enviado um número representado por um conjunto de *bits*. Cada execução é gerada por meio de um tempo dado em milissegundos e o demodulador interpretará essa duração como sendo um

certo espaço de tempo para a execução, obtidas no osciloscópio *AGILENT 1000MHz DSO3102A*, como apresentado na Figura 15 e Figura 16, nelas são visualizados dois sinais diferentes retirados da saída da porta de dados do *arduino*, a primeira imagem tem uma direção específica e a segunda é a ausência de movimentos.

Figura 15: Osciloscópio apresentando um conjunto de *bits*.

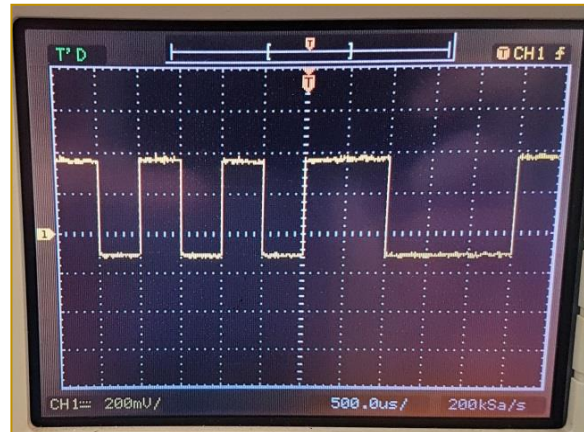
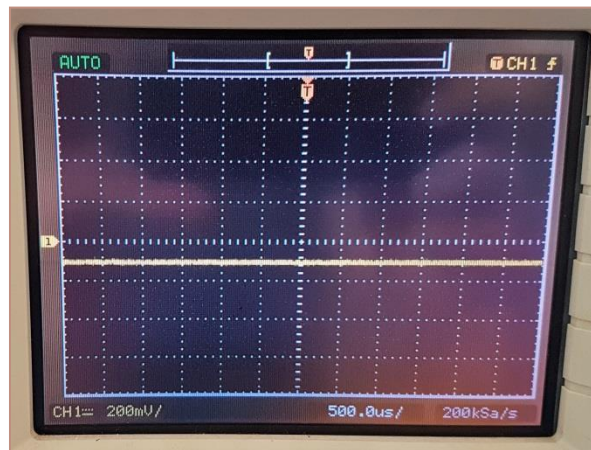


Figura 16: Osciloscópio com ausência de movimento (*bits*).



### 3.1. CÁLCULO DA ANTENA

Utilizando a fórmula:  $\lambda = C/F$ , que tem os significados:  $\lambda$  é o comprimento da onda em metros,  $F$  é a frequência da onda disposta em Hz e  $C$  é a velocidade da luz no vácuo expressa em 300.000.000 m/s (RIBEIRO, 2012).

Desse modo, aplicando a frequência de operação usada de 433MHz e também o valor da velocidade da luz ( $C$ ) na fórmula, resulta em  $\lambda = 0.69\text{m}$  (metros). Como foi utilizado

antena monopolo de quarto de onda então:  $L = \lambda/4$ , resultando então em: 0,1732m.

### 4. WEBSITE

Durante a ideação do projeto, foi pensado em como facilitar o uso de todos os recursos e passar aos usuários a melhor comodidade de acesso, com isso, foi criado um *website* responsivo, como apresentado na Figura 17. O *website* muda a sua aparência e disposição dos elementos com base no tamanho da tela em que o site é exibido, além disso, é totalmente em inglês para uma melhor compreensão global.

Figura 17: *Website* responsivo - *UGV Solutions*.



Nas linhas de código, apresentado na Figura 18, é demonstrado como foi desenvolvido o *CSS* (*Cascading Style Sheets*) para cada forma responsiva da tela, tendo como base o tamanho que essa tela vai ter em *pixels*. Cada tela tem sua medida

especificada pelo comando *width*, que significa largura em português, utilizando os padrões de mercado dos produtos, foi testado para chegar a uma melhor qualidade para o uso dos usuários, utilizando o *website*.

Figura 18: *CSS* responsivo da página.

```

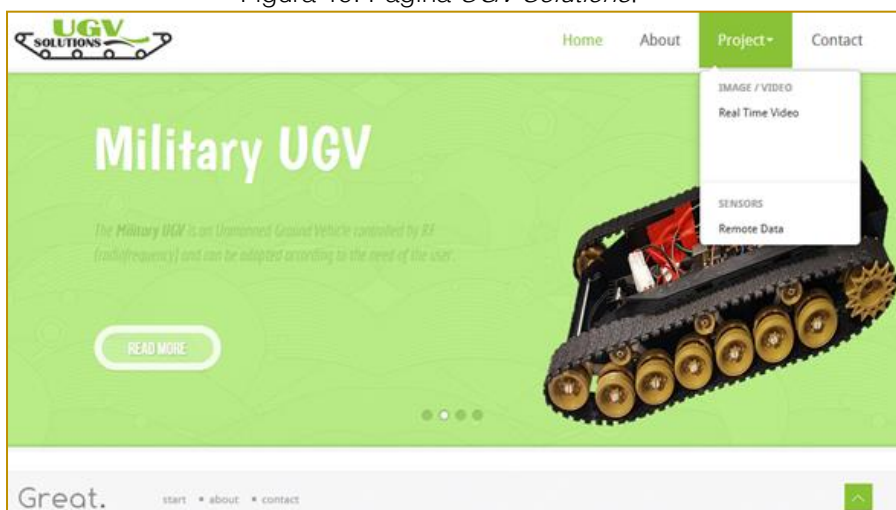
@media (min-width: 768px) and (max-width: 979px) {
  .hidden-desktop {
    display: inherit !important;
  }
  .visible-desktop {
    display: none !important;
  }
  .visible-tablet {
    display: inherit !important;
  }
  .hidden-tablet {
    display: none !important;
  }
}
@media (max-width: 767px) {
  .hidden-desktop {
    display: inherit !important;
  }
  .visible-desktop {
    display: none !important;
  }
  .visible-phone {
    display: inherit !important;
  }
  .hidden-phone {
    display: none !important;
  }
}

```

Em todo o seu desenvolvimento, foi utilizado a linguagem de marcação *HTML5* (*HyperText Markup Language*), a de estilização *CSS3* e a de programação *JavaScript*. A primeira aba é a “*Home*”, nela é possível observar um *SlideShow* com os projetos da *UGV Solutions*, um resumo geral do projeto e páginas sociais. A próxima aba é a “*About*” nela existe um texto explicando sobre o projeto e sobre todos os membros. Em seguida vem a aba

“*Contact*”, nela encontram-se as formas de contato com os membros e o mapa de localização da região de desenvolvimento do *UGV Solutions*.

Como apresentado na Figura 19, pode-se observar a aba “*Project*”, nela contém as principais ações do projeto, que são: “*Real Time Video*”, e “*Remote Data*” utilizando *PLX-DAQ*.

Figura 19: Página *UGV Solutions*.

#### 4.1. REAL TIME VIDEO

A primeira ação da aba “*Project*” é a de “*Real Time Video*”. Nessa aba é possível assistir em tempo real o percurso feito pelo *UGV* e quando necessário deslocar a posição da câmera em até 180 graus para observar o ambiente. O sistema visual humano possui uma notável capacidade de reconhecer padrões. Contudo, ele dificilmente é capaz de processar o enorme volume de informação presente numa imagem. Vários tipos de degradações e distorções, inerentes aos processos de aquisição, transmissão e visualização de imagens, contribuem para limitar ainda mais essa capacidade do olho humano. Levando em consideração esse fato, além de poder assistir, é possível salvar todo esse conteúdo do vídeo para uma análise mais profunda (SOLOMON, 2013).

#### 4.2. REMOTE DATA

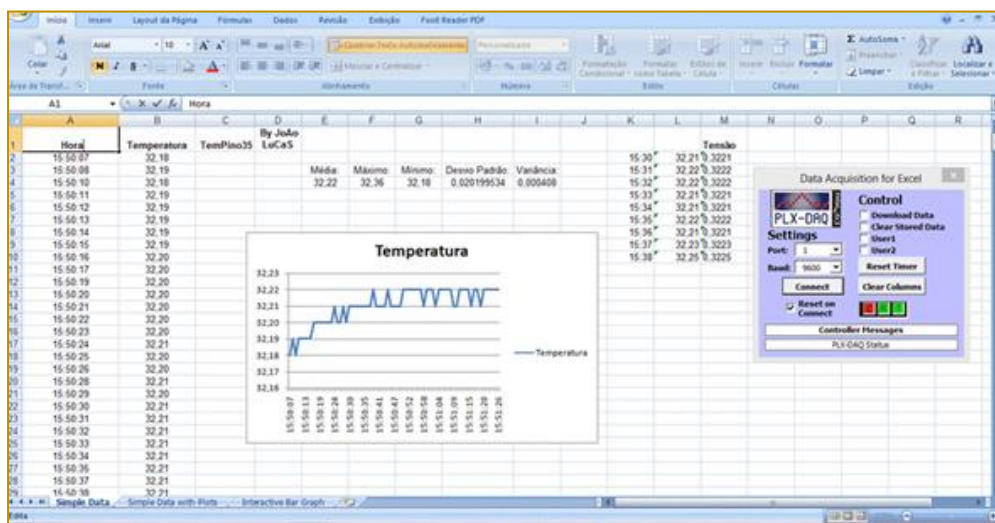
Ao clicar nessa opção o *website* interpreta a informação e busca um arquivo específico no

diretório do computador do usuário, esse arquivo é um *software* pré-instalado na máquina para poder ser utilizado juntamente com o *arduino* e com as informações obtidas por sensores instalados nos *UGVs*. O *arduino* é carregado com um código que realiza continuamente medidas e as envia por meio de uma saída *USB (Universal Serial Bus)* a um computador conectado à placa, que pode capturar essas medidas e mostrar os dados numéricos na interface de *software arduino* (“*Serial Monitor*”) (DWORAKOWSKI, 2016).

Ao invés desse, utilizasse o *software PLX-DAQ*, que permite enviar os dados para uma planilha *excel*. Com os dados na planilha, é possível utilizar as facilidades deste *software* e construir, por exemplo, um gráfico com as informações recebidas dos sensores (temperatura, luminosidade, nível de gás carbônico, umidade, entre outros), por meio do *arduino* e do *software* da *Parallax2*, como apresentado na

Figura 20.

Figura 20: PLX-DAQ (Parallax Data Acquisition tool).



#### 4.2.1. OUTRAS OPÇÕES

Existem outras possibilidades para armazenar esses dados e mostrar depois em uma planilha, isso pode ser feito por meio de uma saída *USB* ou envio remotamente por meio do próprio RF.

A primeira opção de armazenagem é a de utilizar a memória *EEPROM* do *arduino*, para

isso, é preciso escrever um *byte* de cada vez, a leitura e escrita dessa memória requer uma biblioteca chamada "*EEPROM*" pré-instalada no *IDE* (*Integrated Development Environment* ou Ambiente de Desenvolvimento Integrado). No código, apresentado na Figura 21, é demonstrado um exemplo de leitura e escrita desses dados (MONK, 2014).

Figura 21: Exemplo de leitura e escrita na *EEPROM*.

```
//Declaração de biblioteca
#include <EEPROM.h>
//Declaração de função
void setup()
{
  //Valor a ser salvo na memória
  byte valueToSave = <ValorSensor>;
  //Valor escrito no endereço 0
  EEPROM.write(0, valueToSave);
}
//Ler a memória
EEPROM.read(0);
```

Quando é utilizado o comando *read*, é passado o endereço da *EEPROM*, no caso, no exemplo é utilizado endereço 0. O problema dessa opção, é que a leitura e a escrita são lentas (aproximadamente 3 ms), e também, só existe a garantia de ser confiável os dados de até 100.000 escritas.

Outra memória possível para utilizar no projeto seria a *FLASH*, o *arduino* tem muito mais dessa memória do que qualquer outra,

só que, existem alguns problemas, ele só aceita em torno de 10.000 escritas, e nela contém o programa que está sendo executado, com isso, qualquer dado inválido pode acarretar em mal funcionamento do mesmo. Utilizando a biblioteca "*AVR/PGMSPACE*" foi desenvolvido o código, apresentado na

Figura 22, que escreve e faz a leitura da memória (MONK, 2014).



Figura 22: Exemplo de leitura e escrita na *FLASH*.

```

//Declaração de biblioteca
#include <avr/pgmspace.h>
//Armazena qualquer estrutura de dado
PROGMEM int value[] = {<ValoresSensor>};
//Declaração de função
void setup()
{
    //Define a taxa de dados em bits por segundo (baud)
    //para a transmissão de dados em série
    Serial.begin(9600);
    //Executa até todos os dados da memória forem lidos
    for (int i = 0; i < (QuantidadeDeValores); i++)
    {
        //Ler a memória
        int x = pgm_read_word(&value[i]);
        //Printar o valor lido da memória
        Serial.println(x);
    }
}

```

O parâmetro da função “*pgm\_read\_word*” usa o símbolo & na frente do nome do *array*, porque é necessário utilizar o endereço da memória *FLASH*.

A última solução apresentada é a utilização de um cartão *SD*, embora as placas de *arduino* não tenham soquetes para esse modelo de memória, existem várias *shields*

capazes de suprir essa necessidade, como por exemplo, a *Shield Ethernet*. Para utilizar o *SD* é preciso adicionar ao código do *arduino* a biblioteca “*SD*”, que já vem pré-instalada no *IDE*. Para realizar a escrita e a leitura no cartão é preciso seguir o exemplo, apresentado na Figura 23 (MONK, 2014).

Figura 23: Exemplo de leitura e escrita no cartão *SD*.

```

//Declaração de biblioteca
#include <SD.h>
//Abra um novo arquivo para escrita no SD
File dataFile = SD.open("datalog.txt", FILE_WRITE);
//Se o arquivo estiver disponível, escreve no cartão
if (dataFile)
{
    //Printa a informação no arquivo
    dataFile.println(dataString);
    //Fecha o arquivo
    dataFile.close();
    //Printa a informação do arquivo
    Serial.println(dataString);
}

```

Essas maneiras mostradas de gravações em memória com os dados dos sensores são possíveis caso desejar envia-los depois para uma planilha *excel*.

## 5. DIAGRAMA DE GESTÃO E INTEGRAÇÃO DO SISTEMA NA SOCIEDADE

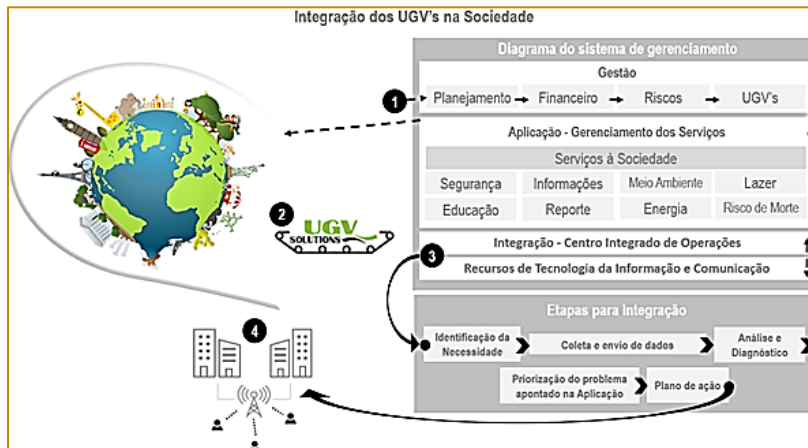
Para que as cidades junto com os órgãos públicos possam transformar uma cidade tradicional em uma cidade inteligente, e seja capaz de gerenciar todos os recursos em prol de seus habitantes, o diagrama da Figura 24 foi desenvolvido e é composto de 4 etapas sequenciais.

A primeira etapa, referenciada com (1), é a base onde serão avaliados os recursos

disponíveis e necessários para a etapa (2). Na etapa subsequente, a sociedade é ouvida e o *UGV* de melhor aplicação deve ser utilizado para atender a necessidade do público alvo da região. A etapa (3), etapa de integração, garante que os erros serão mitigados se o fluxo de integração for seguido, permitindo que um plano de ação seja estabelecido. E por último, etapa (4), é a implantação do projeto, fase onde o projeto é construído e integrado a rede TICs (tecnologia da informação e comunicação), tendo a sociedade integrada a rede pública de serviços através da internet e através do *website* acompanhar todos os dados em tempo real do que está sendo capturado e monitorado pelos veículos.



Figura 24: Diagrama de Gestão e Integração.



## 6. CONCLUSÕES

Durante o desenvolvimento destes veículos foram encontradas algumas dificuldades técnicas, tais como, criação de um *hardware* capaz de economizar energia durante todos os comandos e ações realizadas por ele, com isso, foram levantados todos os consumos das *shields* e como seria construído as ligações de *VCC* e *GND* para não direcionar carga para somente um lado do circuito.

Existe a possibilidade da criação de outros projetos, envolvendo maior qualidade no desenvolvimento de protótipos e robustez para qualquer tipo de terreno, para isso, estudos voltados para a área militar, doméstica, hospitalar e empresarial estão sendo levantados.

## REFERÊNCIAS

[1] Dworakowski, Luiz Antonio; Hartmann, Ângela Maria; Kakuno, Edson Massayuki; Dorneles, Pedro Fernando Teixeira. Uso da plataforma *arduino* e do *software PLX-DAQ* para construção de gráficos de movimento em tempo real. Revista Brasileira - Ensino Física. vol.38, no.3, São Paulo, 2016. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1806-11172016000300603](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172016000300603)>. Acesso em: março de 2017.

[2] Lopes, Edimilson da Silva; Lima, Isis Marcellly Souza; Gonçalves, Tayná Cardoso. A Importância de Detecção de Gases para Prevenção de Danos à Segurança, Meio Ambiente e Saúde. Revista de divulgação do Projeto Universidade Petrobras e IF Fluminense, v. 2, n. 1, p. 301-304, 2012. Disponível em: <<http://essentiaeditora.iff.edu.br/index.php/BolsistaDeValor/article/viewFile/2431/1319>>. Acesso em: março de 2017.

A aplicação em cidades inteligentes proporcionou um avanço para os veículos de modo que torne um ambiente mais sustentável, capaz de existir uma gerencia das cidades para atender com ética toda a sociedade. A utilização dos projetos pode ser aplicada em pontos estratégicos que necessitam ser monitorados. Trazer maior segurança para a sociedade sem colocar a vida das mesmas em risco.

Poder gerenciar toda a aplicação remotamente e mostrar em tempo real o que está ocorrendo, traz a sociedade maior satisfação em residir na cidade.

[3] Monk, Simon. Programação com *arduino* II: Passos Avançados com Sketches. Bookman, 2014. 247 p.

[4] Pauli, Evandro Armini de; Uliana, Fernando Saulo. Senai / Cst (Companhia Siderúrgica de Tubarão). Mecânica: Noções Básicas de Elementos de Máquinas. 1996. Disponível em: <<http://www.abraman.org.br/arquivos/72/72.pdf>>. Acesso em: fevereiro de 2017.

[5] Ribeiro, José Antônio Justino. Engenharia de Antenas: Fundamentos, Projetos e Aplicações. Érica, 2012. 584 p.

[6] Santos, Tiago Argentino Matos. ROVIM - Robô de Vigilância de Instalações Militares - Comunicações e Posto de Controle. 2011. Disponível em: <<https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/395143514515/dissertação.pdf>>. Acesso em: fevereiro de 2017.

[7] Solomon, Chris. Fundamentos de Processamento Digital de Imagens: Uma

---

Abordagem Prática com Exemplos em MATLAB.  
LTC, 2013. 281 p.

# Capítulo 14

## ANÁLISE COMPARATIVA DOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO JUST IN TIME (JIT) E MANUFACTURING RESOURCE PLANNING (MRP)

*Natália Varela da Rocha Kloeckner*

**Resumo:** Cada sistema de produção reflete em sua origem o atendimento as necessidades impostas pelo cenário mercadológico no qual a organização fundadora estava inserida. No sistema MRP – *Manufacturing Resource Planning*, por exemplo, a organização precursora dispunha de elevada estrutura e investimento em equipamentos, alcançando altíssimas taxas de produção. Já no caso do sistema JIT – *Just In Time*, por exemplo, a organização pioneira dispunha de estrutura pequena e com baixo nível de automação, bem como reduzidos níveis de investimentos e volumes de produção. De forma geral, em mercados cada vez mais competitivos, as organizações buscam incessantemente sua sobrevivência por meio de adoção de sistemas produtivos de gestão e organização que propiciem maior qualidade dos seus processos e produtividade. Este estudo tem como objetivo abordar e analisar as similaridades e particularidades de dois dos sistemas de produção mais utilizados na atualidade, MRP e JIT. Para tanto, foi realizada uma revisão de literatura. Por fim, o presente artigo resultou na comparação dos dois sistemas evidenciando características consistentes quanto a eficiência de cada um.

**Palavras chave:** *Just In Time, Manufacturing Resource Planning*, Planejamento das Necessidades de Materiais.

## 1. INTRODUÇÃO

O sucesso de uma empresa está relacionado diretamente à capacidade que a organização possui de otimizar os seus recursos e atividades para aumentar a produtividade e satisfazer eficientemente à demanda do mercado (SERRA et al., 2004).

Para Kotler e Keller (2016), essa busca por eficiência prevalece em todas as atividades e processos da empresa, principalmente nas funções chaves da Cadeia de Valor da organização, formada pela logística interna, operações, logística externa, marketing e vendas, serviços e demais atividades de apoio, como contábil-financeira e recursos humanos.

Contudo, uma função em especial que demanda muito a atenção das empresas e de estudiosos, sendo inclusive considerada por estes o coração da organização, é a função produção. Segundo Slack et al. (2008), a função produção assume um papel central na organização, pois produz os bens e serviços que são a razão de sua existência. Evidenciando assim, sua importância frente à estratégia da organização.

No decorrer da história é possível identificar diversas mudanças decorridas nos sistemas de produção, provenientes da evolução das tecnologias dos equipamentos, da informação, e principalmente nos sistemas e técnicas adotadas na sua gestão. Tais mudanças refletem a busca constante das organizações pela eficiência dos seus recursos e da produção de bens e serviços, e tem por objetivo a satisfação de seus consumidores e a sua consequente sobrevivência em longo prazo, via a vantagem competitiva sobre seus rivais (SLACK et al., 2008).

Atualmente, dois importantes sistemas imperam nas organizações, são eles: o sistema *Manufacturing Resource Planning* (MRP) e o Sistema *Just In Time* (JIT). Os benefícios e as particularidades de abordagens que cada um proporciona às organizações que os implantam, geram grande discussão no meio acadêmico e empresarial, principalmente no que se refere a decisão de qual dos dois se demonstra mais eficiente na gestão da função produção. De fato, tanto o Sistema MRP, que se justifica pelo planejamento das necessidades de materiais, quanto o JIT que se refere à pronta entrega de materiais necessários à produção

somente quando requeridos seu uso, tem por propósito aumentar a eficiência da produtividade, garantindo que o cliente tenha sua necessidade atendida, tal como esperado.

Mediante ao exposto, este estudo objetiva-se a analisar, por meio de levantamento bibliográfico, como os sistemas se diferenciam entre si, pontuando as posturas sobre as falhas no processo, bem como indicando as particularidades para aplicação de cada um. Para isso, as próximas seções desse artigo estão estruturadas da seguinte forma: na segunda seção é apresentada as principais considerações sobre sistemas de produção MRP e JIT; a terceira seção contempla a análise e discussão quantos as características de cada sistema de produção em estudo; já na quarta seção é apresentada a conclusão do levantamento proposto, e; na quinta seção, por fim, são apresentadas as considerações finais e recomendações para estudos futuros.

## 2. SISTEMAS DE PRODUÇÃO

Os sistemas de produção constituem-se por um conjunto de operações e atividades que se interagem na realização das funções. De forma geral, as organizações modernas, inseridas em um ambiente extremamente competitivo, global e tecnológico, podem ser descritas como compostas por três funções centrais e duas funções de apoio, são elas: marketing e vendas; desenvolvimento de produtos; produção; e, contábil-financeira e recursos humanos, respectivamente (KOTLER e KELLER, 2016). Entre estas, a função produção apresenta-se em estudos, como Carraro (2005), Slack et al. (2009) e Kotler e Keller (2016), como sendo a mais importante para uma organização, uma vez que dela provém os produtos e serviços a serem comercializados em prol da lucratividade e, por conseguinte, da sobrevivência da empresa.

Segundo Davis et al. (2001), a função produção pode ser abordada sob duas perspectivas: corporativa e operacional. A perspectiva corporativa define o planejamento da organização visando atender a necessidade do mercado consumidor, já a perspectiva operacional concentra-se em um conjunto de componentes voltados a conversão de insumos específicos em resultados determinados.

Neste âmbito, Davis et al. (2001), atrela a perspectiva corporativa a um conceito estratégico onde são desenvolvidos planos visando o crescimento futuro da organização nos níveis de decisões gerenciais estratégico (longo prazo), tático (médio prazo) e de planejamento operacional (curto prazo). Já a perspectiva operacional é caracterizada pelo processo de transformação onde ocorrem algumas transformações do tipo: Física (manufatura); de Local (Transporte); de Troca (Varejo); de Estocagem (Armazenamento); Fisiológica (Programas de Saúde) e Informacional (Telecomunicação).

No cenário produtivo atual, evidencia-se a preocupação da eficiência operacional da função produção, bem como sua concepção como função estratégica e integrada as demais funções da organização. Conforme afirmação de Slack et al. (2008), mediante mercados cada vez mais concorrenciais, as organizações devem buscar a vantagem competitiva aumentando o seu desempenho ao longo de todas as funções da cadeia de valor. Para isso, devem centrar seus esforços ao atendimento aos objetivos de desempenho: qualidade, rapidez, confiabilidade, flexibilidade e custos produtivos.

Perante tal explanação, pode-se concluir que existe uma relação entre a eficiência da produção e sua capacidade de produzir com qualidade, ao menor custo desejável, utilizando para isto o menor capital possível. Logo, diante destas informações esta seção apresenta em suas subseções os dois sistemas que tiveram sua origem motivada por uma necessidade imposta pela realidade do mercado a qual estavam inseridas. São eles, o MRP, o qual foi implantado em um sistema de produção em massa (SLACK et al, 2009) e, o JIT, o qual tem sua identidade atribuída ao Sistema Toyota de Produção (CORRÊA e GIANESI, 2011).

## 2.1 O SISTEMA DE PRODUÇÃO MRP

A sistemática de funcionamento do sistema MRP parte de um planejamento hierárquico das necessidades de produção onde está contido os programas produtivos que abrangem uma visão futura de produção, a um determinado intervalo e a um determinado grau de detalhamento. Este planejamento vai desde o nível estratégico da organização até o seu nível operacional, de modo que sejam

antecipadas as decisões quanto à gestão dos recursos da produção em determinados períodos. (LUTOSA et al., 2008).

O sistema MRP remete suas origens ao Plano Mestre de Produção (PMP). Originalmente implementado pela empresa norte-americana Ford, o MRP reflete o cenário de produção intensiva, com grande investimento em equipamentos. Neste âmbito, encontra no PMP o plano periódico que especifica a quantidade e o momento em que a empresa planeja produzir cada um dos itens finais (DAVIS et al., 2008).

Desta forma, o MRP objetiva-se a gerenciar os estoques de materiais e componentes a serem utilizados pela produção em um determinado tempo, ocorrendo a partir do PMP, a separação dos itens a serem empregados nas várias etapas da fabricação, elaborando-se a partir daí um cronograma de abastecimento e de produção, o que proporciona a redução de interrupções do fluxo produtivo (MOURA, 2006).

Pela separação do produto em seus respectivos componentes e materiais, torna-se possível a projeção futura para compra de cada um dos componentes, nas quantidades e nos prazos específicos, de forma a garantir a entrega do produto ao cliente no prazo determinado. (LUTOSA et al., 2008). A projeção é direcionada pelo cálculo para determinação da demanda dos componentes de cada nível, realizado por meio da Programação Detalhada da Produção, sendo somente emitida, a partir desta etapa, as diversas ordens de compra e produção para os setores responsáveis (MOURA, 2006).

A etapa da Programação Detalhada de Produção é caracterizada pela tomada de decisão de onde e por quem cada tarefa será realizada, evidenciando o compromisso quanto a entrega no prazo acordado com o cliente. Logo, objetiva-se a realização das atividades no menor tempo possível, na redução dos estoques ao longo do processo, bem como na redução da ociosidade dos recursos disponíveis para a produção. (LUTOSA et al, 2008).

Assim, o sistema MRP tem como premissa o controle de inventário e produção de forma a minimizar os custos do processo produtivo, otimizando os níveis de materiais imprescindíveis a produção.



## 2.2 O SISTEMA DE PRODUÇÃO JIT

O *Just In Time*, trata-se de um sistema para gerenciamento da produção, conhecido como um dos pilares da filosofia da produção enxuta. Tal sistema foi originado na organização japonesa Toyota, na década de 1950, com o propósito de acompanhar as necessidades e a realidade na região, quanto a falta de recursos para investimento em capital (CORRÊA e GIANESI, 2011).

Assim, a eficiência deste sistema foi baseada na atuação das pessoas envolvidas no processo, e não nas máquinas e estruturas presentes nas fábricas. Sua produção passou a ser caracterizada pelo processamento de pequenos lotes, com trocas rápidas de ferramentas, ao contrário do modelo americano da empresa Ford (produção em massa), onde primava pela produção em larga escala (DENNIS, 2008).

O JIT configura-se como um sistema de gestão de produção considerado puro. No entanto, verifica-se que este sistema vai muito além desta fronteira, pois o mesmo não pode ser visto somente como sendo um conjunto de técnicas de administração da produção, mas sim uma filosofia que abrange aspectos voltados à administração de materiais, arranjo físico, gestão da qualidade, organização do trabalho, projeto do produto e gestão de pessoas (CORRÊA e GIANESI, 2011).

De acordo com Dennis (2008), a metodologia *Lean Manufacturing*, também chamado de produção enxuta, foi concebido na estabilidade e padronização dos processos, onde por meio da entrega de peças e produtos no momento necessário para produção, representados pelos sistemas *Just in Time* e *Jidoka*, respectivamente, possui o foco centrado na automação das pessoas, e não das máquinas, como no MRP.

Assim, o sistema JIT é um dos pilares da metodologia *Lean*, sendo descrito por Davis et al. (2001), como o conjunto de atividades projetadas para atingir produções em alto volume, utilizando capacidades mínimas de matéria prima, estoques intermediários e produtos acabados. Já Dennis (2008), o descreve como um método racional, o qual tem como propósito eliminar todos os tipos de desperdícios, aumentando assim a competitividade da organização.

Lutosa et al. (2008), associa o JIT a uma política de redução de estoques de matérias primas, partindo-se da entrega em intervalos

a lotes menores, porém, o tempo não vem a ser o único fator desta filosofia. No fator produto, o JIT proporciona linha de produtos limitada, produção repetitiva, produtos padronizados e não complexos, uma vez que objetiva mercados estáveis. Já no fator processo, o JIT impulsiona a mão de obra multifuncional, processo de alta qualidade, máquinas operatrizes simples e universais, uma vez que requer alta confiabilidade e flexibilidade do equipamento, bem como arranjo físico em fluxo unitário ou grupo de peças, o que impacta na redução dos setups da produção e propicia pequenos lotes de movimentação.

## 3. ANÁLISE E DISCUSSÃO QUANTO AOS SISTEMAS JIT E MRP

Apesar dos sistemas MRP e JIT primarem pela eficiência do processo por meio da otimização dos estoques, o que possibilita a organização ampliar sua eficácia em relação ao atendimento ao cliente, eles também centralizam sua atenção sobre o fluxo de materiais ao longo da cadeia de produção. Contudo, percebe-se a existência de particularidades em ambos os sistemas, quanto à sua atuação sobre os estoques, gerando assim um grande diferencial entre empresas que atuam sob estes sistemas. Tais particularidades são o foco de análise desta seção, precisamente no que concerne a origem e métodos de produção, influências nas demandas externas e internas, bem como a aplicação de ambos os sistemas para solução de problemas.

### 3.1 ORIGEM DA PRODUÇÃO: PUXADA OU EMPURRADA

Uma importante diferença existente entre estes dois sistemas está na origem da sua produção, pois para que a organização possa produzir, faz-se necessário, quase sempre, que haja uma demanda a ser atendida. Logo, esta subseção busca analisar a origem do fluxo de materiais e produtos ao longo da logística externa e interna da organização para ambos os sistemas em estudo.

Segundo Christopher (2015), a cadeia de suprimentos é caracterizada por organizações que dispostas em rede são conectadas entre si e interdependentes. O objetivo é controlar e gerenciar o fluxo de materiais e informações desde os fornecedores até os usuários finais,



de forma a gerar valor por meio dos produtos e serviços disponibilizados e entregues ao consumidor. Desta forma, todas as atividades relacionadas com o fluxo de transformação do produto, bem como ao fluxo de informações e financeiro são abrangidas pela cadeia de suprimentos. Isso resulta em uma dinâmica onde todas as etapas estão ligadas direta ou indiretamente a um pedido, partindo-se dos fornecedores até aos clientes.

Assim, pode-se imaginar um fluxo de materiais/produtos ao longo da cadeia de suprimento, pode-se ainda, considerar que este fluxo tem sua origem tanto no início da cadeia, quanto no seu final, ou seja, os produtos podem ser empurrados ao longo da cadeia, quanto puxados por ela.

A depender da origem deste fluxo de materiais, a produção pode ser denominada puxada (quando iniciada no cliente) ou empurrada (quando iniciada no fornecedor). Segundo Nicodemo (2009), a produção empurrada foi desenvolvida no período inicial da era industrial, onde a demanda de mercado era quase ilimitada e a competição quase inexistente. O preço era quem ditava o lucro ( $\text{Preço} = \text{Custo} + \text{Lucro}$ ), e visava-se somente a quantidade produzida e não a qualidade. Já a produção puxada, segundo o mesmo autor, surgiu em um período pós-guerra e estão presentes na economia atual as características do motivo de sua origem: custo quem dita o lucro ( $\text{Lucro} = \text{Preço} - \text{Custo}$ ) e a qualidade como fator relevante na escolha do produto pelo cliente, tendo a demanda não mais a tendência de ser infinita.

No cenário de aplicação do MRP pela empresa precursora, Ford Inc., os Estados Unidos estavam passando por uma fase onde a demanda era muito maior que a capacidade de oferta das empresas (ZATTAR, 2003). Desde modo, as empresas ali residentes produziam o máximo que eram capazes, empurrando os produtos ao mercado para que o cliente o absorvesse. Logo, no início do MRP as organizações não precisavam se preocupar com estoque, pois seu planejamento futuro era voltado a atender vendas já confirmadas, ou seja, tais empresas somente se programavam para atender aos pedidos já efetuados.

Neste período não havia a realização de previsão de vendas futura, porém com o passar do tempo, esta demanda por parte do mercado, começou a decrescer de modo, que as organizações com suas capacidades,

foram sendo capazes de atender aos pedidos fechados em um menor intervalo de tempo, tal fato, juntamente com a evolução da tecnologia, em relação a maquinários e processos, fez com que a capacidade de oferta das empresas superasse a demanda apresentada, levando assim à formação e acumulação de estoques pelas empresas (ZATTAR, 2003).

Com este novo comportamento do mercado, as empresas tiveram que alterar sua forma de operar para atender à demanda, pois com o excesso de produção, estas estariam sujeitas a elevados custos de oportunidades, decorridos de estoques parados em suas fábricas. (ZATTAR, 2003).

Deste modo, para que fosse possível a estas empresas planejar a sua produção futura, as organizações passaram a desenvolver técnicas de previsão de demanda, através das quais, os departamentos comerciais estimavam as vendas futuras, para que a produção pudesse se antecipar a estas vendas. De acordo com Lutosa et al. (2008) estas previsões para demandas futuras podem ser classificadas em dois grupos, onde no primeiro as empresas realizam a previsão baseando-se nas opiniões e julgamentos das pessoas, conhecidos por métodos qualitativos, e, no segundo grupo estão os métodos baseados em dados quantitativos e técnicas estatísticas, conhecidos por modelos quantitativos.

Contudo, destaca-se que apesar de alguns estudos, como o de Lutosa et al. (2008) e Slack et al. (2009), considerar o sistema MRP como adepto ao sistema de demanda empurrada, o presente trabalho contesta tal posicionamento. O argumento baseia-se no fato das organizações e empresas como a Ford Inc., no período econômico em que a demanda superava a oferta, adotavam um sistema empurrado, pois havia a expectativa de que o que fosse produzido seria comercializado. Contudo, nos períodos seguintes, com mercados mais incertos (ZATTAR, 2003), as organizações adotantes do sistema MRP, passaram a estimar e calcular a produção para que atendesse uma possível demanda futura, planejando e reduzindo os custos com estoques de peças e produtos finalizados. Logo, este estudo defende que ambos os sistemas, MRP e JIT, são baseados em um sistema puxado uma vez que ambos visualizam o futuro antes de produzir.

Assim, pode-se concluir que tanto no MRP quanto no JIT os planejamentos futuros de produção, ou programas mestres de produção, partem de um determinado futuro, retrocedendo o cronograma até a data presente, sendo ali identificadas as necessidades e recursos para que estes programas sejam atendidos. Porém, no caso do MRP, para que possa montar seu programa mestre, o mesmo faz uso de informações relativas a vendas futuras confirmadas e previsões de vendas futuras. Já no JIT a previsão de demanda futura baseia-se somente nos pedidos já confirmados, não havendo, portanto, nenhum tipo de estimativa para analisar a demanda provável, uma vez que a realização de previsões muitas vezes acarreta no aparecimento de erros.

### 3.2 INFLUÊNCIAS NAS DEMANDAS EXTERNAS DOS SISTEMAS MRP E JIT

Lutosa et al. (2008), aborda dois tipos de demanda, a dependente e a independente. A primeira, depende da demanda de outro produto, por exemplo, para uma empresa fabricar cinco carros demanda vinte pneus. Já a independente refere-se a não demanda de outro item para produção, como por exemplo, o fato da demanda de carros não depender da demanda de fogões.

No caso da demanda dependente, pelo fato dos produtos estarem interligados, com a comercialização, ou consumo de um produto/componente localizado no primeiro elo, ou seja, na ponta, os demais terão seu consumo puxado por este produto, segundo a sua relação para com o primeiro produto. Por exemplo, em um processo produtivo de uma empresa, com a fabricação e comercialização de um produto acabado, os componentes e materiais utilizados nas etapas antecedentes serão puxados ao longo da cadeia produtiva para que se possa fabricar outros produtos.

A mesma coisa acontece na cadeia de suprimentos, pois ao realizar a venda de um produto ao consumidor, a organização deverá

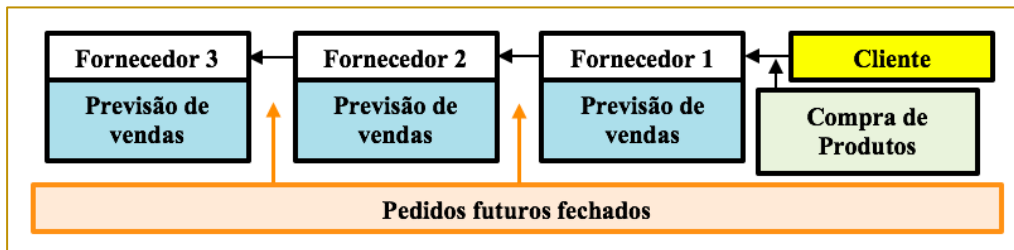
utilizar suas matérias primas para fabricar outro produto e conseqüentemente comprar novos materiais junto a seus fornecedores, como um efeito dominó.

Conforme já discutido neste estudo, a demanda futura no sistema MRP provém da junção dos pedidos futuros fechados e da previsão futura de vendas, enquanto que no JIT somente se emprega os pedidos futuros fechados. Tal condição impacta de forma diferente no comportamento do fluxo de produtos ao longo da cadeia de suprimentos, resultando na minimização ou maximização de um problema relacionado à oscilação da demanda ao longo dos elos da cadeia, conhecido por Efeito *Forrester* ou Chicote (FORRESTER, 1961).

O efeito Chicote está relacionado à flutuação na demanda ao longo das organizações e é caracterizado pelo impacto negativo na estabilidade dos pedidos, advindos de clientes que se encontram no final da cadeia de abastecimento, que ao mudarem suas preferências de produto, criam uma “onda” ao longo desta cadeia. Tal onda afeta no atraso de informação e culmina na variação da procura de pedidos que atinge novamente o início da cadeia (FORRESTER, 1961).

No caso do MRP, existe um fator, de certa forma, agravante para tal problema. Ao se utilizar uma previsão de demanda futura, gera-se um impacto direto sobre a demanda do fornecedor situado no elo antecessor da cadeia. Assim, em um cenário de três fornecedores e um cliente, por exemplo, ao realizar a previsão de demanda futura, seja por métodos qualitativos ou quantitativos, fornecedor número 1 corre o risco desta produção não ser capaz de atender a demanda futura real ou de atendê-la e ainda gerar estoques. Este efeito tende a se agravar conforme o fluxo de informações avança em sentido aos fornecedores dois e três, pois com esta possível variação entre a demanda futura estimada e a demanda real, pode haver o crescimento dos estoques, quanto a sua insuficiência em atender seu cliente (Figura 1).

Figura 1 – Fatores de determinação da demanda ao longo da cadeia no MRP

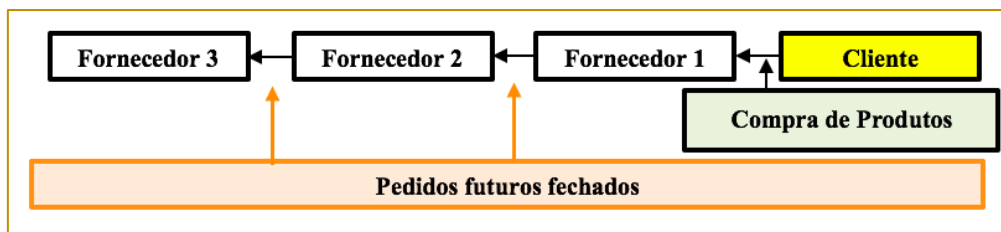


Fonte: Elaborada pela autora

Já no caso do sistema JIT, as demandas são somente determinadas com base nos pedidos futuros já confirmados, não sendo aqui

considerado qualquer tipo de estimativa (Figura 2).

Figura 2 – Fatores de determinação da demanda ao longo da cadeia no JIT



Fonte: Elaborada pela autora

De acordo com Burbidge (1983) se a demanda por produtos ocorre por meio de uma série de estoques, a variação da demanda pode aumentar a cada transferência. Assim, no decorrer da realização da previsão de demanda futura do mercado existe uma grande possibilidade de a incorrer em erros, os quais podem se propagar e se amplificar ao longo da cadeia de suprimentos, entre os fornecedores.

No caso do MRP, ocorre uma maior variabilidade do fluxo de produtos ao longo da cadeia, provenientes dos erros de previsão. Já no caso do JIT, ocorre uma homogeneização e estabilização ao longo da cadeia, minimizando a ocorrência de excesso de estoques ou de insuficiência. Assim, ao contrário do ocorrido no MRP, no JIT o efeito *Forrester* é reduzido por meio da integração forçada ao longo da cadeia de suprimentos. Isso ocorre pois a empresa somente irá produzir um item que o cliente já tenha comprado, bem como somente irá adquirir material para fabricar um item em seu fornecedor, se for destinado para um pedido confirmado, não havendo estimativa no JIT.

### 3.3 INFLUÊNCIAS NAS DEMANDAS EXTERNAS DOS SISTEMAS MRP E JIT

Da mesma forma que ocorre nos fluxos externos às oscilações nas demandas ao longo da cadeia de suprimentos, o mesmo pode ser visto na logística interna da organização, ou seja, ao longo das etapas do processo produtivo. No caso do sistema MRP, o estoque tem por função minimizar o impacto dos problemas existentes ao longo do processo, por isto os mesmos são dimensionados segundo a necessidade de cada etapa. Cria-se assim uma relação de independência entre cada etapa do processo, o que não vem a ser algo bom, pois cada uma se preocupa com seu desempenho e os estoques de segurança que existem entre elas mascaram suas falhas.

Já no caso do JIT ocorre o contrário, pois como a demanda é totalmente puxada pelo cliente, não se produz o que não está vendido, logo, ocorre a formação de um relacionamento de dependência entre as etapas. Desta forma, cada etapa somente produz se sua antecessora assim necessitar. Os estoques existentes são mínimos, voltados a cobrir somente o tempo determinado para que outras peças sejam confeccionadas.

Outra análise importante é a referente a diferença relacionada ao tamanho dos lotes processados em cada uma das etapas da produção. No caso do MRP costuma-se processar lotes grandes, com o propósito de aproveitar ao máximo a eficiência do equipamento e dos operadores e que tenderá a cair com a mudança de produto na produção. A maior dimensão no lote acarreta no aumento do consumo de materiais, e, conseqüentemente, no aumento dos estoques e do tempo de entrega do produto, pois para que o produto seja entregue, deverá ser terminada a produção de todo o lote ao qual ele pertence.

Quanto ao caso do JIT, as peças são processadas de forma unitária, ou seja, uma de cada vez. Assim, somente serão produzidos produtos já vendidos. Com este sistema, reduzem-se os estoques intermediários, homogeneizando-o ao longo da produção.

Outra importante característica está na redução do tempo de entrega do produto, pois se faz apenas um para que o mesmo seja entregue.

Importante também destacar que o fluxo de materiais e processo ao longo da produção, no caso do sistema MRP é gerenciado por um sistema de informação informatizado, onde são emitidas as respectivas ordens de produção baseadas no programa mestre.

Já no JIT, de acordo com Dennis (2008), seu funcionamento está baseado no uso de cartões conhecidos por Kanbans, sendo este um sistema de ferramentas visuais, normalmente cartões de sinalização ou quadros, que sincronizam e fornecem instruções aos fornecedores e clientes tanto dentro quanto fora da empresa. Os kanban são autorizações para a produção ou sua parada, estando neles inclusas informações descritivas do produto ou componente como: fornecedor da peça ou do produto, o cliente, local de armazenamento do produto ou componente, sistema de transporte utilizado.

### 3.4 SISTEMAS JIT E MRP NA SOLUÇÃO DOS PROBLEMAS

Uma importante diferença existente entre ambos os sistemas está na forma como estes atuam sobre os problemas decorrentes nos processos, tanto na questão dos estoques, quanto no uso dos equipamentos. No caso do

MRP, como visto, o sistema que determina as atividades tem por base os fluxos de recursos.

Segundo Corrêa e Gianesi (2011), o sistema MRP busca resolver os problemas decorrentes da produção a um nível mais superficial, pois sua preocupação está voltada para a coordenação entre a demanda e obtenção de índices, aceitando as incertezas (passivo), ou seja, busca minimizar o impacto dos problemas existentes no processo produtivo.

Logo, o MRP não objetiva uma solução para os problemas existentes, mas sim uma maneira de minimizar seus impactos sobre a eficiência e eficácia do processo, principalmente em relação à otimização do tempo de uso dos recursos e dos estoques, partindo-se de ferramentas, técnicas e sistemas gerenciais. Já o JIT caminha em sentido contrário, pois seu propósito está em envolver os indivíduos para buscarem soluções para os problemas em definitivo, atacando assim as causas dos problemas (CORREA E GIANESI, 2011).

Enquanto que no MRP, o estoque é utilizado para regular o fluxo de materiais, com propósito de estabilizá-lo, mantendo-o constante, de modo a evitar que haja interrupções na produção, que prejudiquem a entrega dos produtos. O JIT atua em sentido contrário, pois sua preocupação está no combate às causas dos problemas, para isto busca minimizar os estoques, como forma de evidenciar os problemas existentes (LEITE, 2006).

#### 3.4.1 A EFICIÊNCIA FRENTE AS DIMENSÕES FÍSICAS, INTELECTUAIS E SOCIAIS

De acordo com Campos et al. (2005), uma organização possui três dimensões, sendo uma dimensão física (equipamentos, estruturas e materiais), uma dimensão intelectual (relacionada a realização das tarefas) e uma dimensão social (referente aos relacionamentos do dia-a-dia). A eficiência da empresa é influenciada por estas três dimensões, as quais encontram-se inter-relacionadas e interdependentes, de modo que a ocorrência de melhorias em uma delas, acarreta em melhorias para as outras duas.

No caso do sistema MRP, sua base se apoia quase que exclusivamente na dimensão física da organização, tentando por meio do seu

controle físico, influenciar as dimensões intelectuais e sociais, para que a produção alcance maior eficiência. Já no JIT, há três dimensões, com propósito de realizar não somente pequenas alterações, mas sim uma mudança completa na empresa, colocando sua maior atenção sobre as pessoas e não nas máquinas e materiais. (SANTOS et al, 2006).

O caso do JIT trata-se de uma metodologia apoiada nas práticas cotidianas. Segundo Araújo (2009), o JIT objetiva-se a permitir desde a execução de serviços manuais simples de forma organizada, até a qualidade na autodisciplina da equipe, fator este relacionado à cultura da empresa. Seus objetivos não estão somente ligados à eficiência e eficácia dos processos, mas também a eficiência e qualidade das pessoas envolvidas, almejando assim os direcionamentos de: eliminação de desperdício; otimização do espaço; criação

de um ambiente de trabalho agradável; prevenção de quebras e acidentes; melhoria nas relações humanas; desenvolvimento do espírito em equipe; desenvolvimento da autodisciplina; gestão do serviço de forma flexível; aumento da confiabilidade dos dados de controle; administração participativa e descentralização do conhecimento.

Assim, nas duas abordagens e perspectivas adotadas por ambos os sistemas, verificou-se que enquanto o JIT está preocupado em mudar a organização como um todo, o MRP está voltado a trazer soluções que minimizem seus problemas, sendo esta uma atuação bem mais superficial, em relação ao JIT.

#### 4. CONCLUSÃO

Com base nas análises comparativas dos dois sistemas de produção expostos neste trabalho, o Quadro 1 evidencia as características de cada um.

Quadro 1 – Características do sistemas de produção JIT e MRP

Fatores	MRP	JIT
Objetivo	Aumentar a eficiência no uso dos recursos físicos empregados no processo (materiais, equipamentos e estrutura)	Aumentar a eficiência de todos os ativos utilizados no processo (equipamentos, estruturas, pessoas, informação, materiais)
Objetivo para os Estoques	Minimizar os estoques, desde que não deixe o processo sensível a falhas.	Reduzir o estoque a zero, para que as falhas sejam identificadas e solucionadas.
Falhas no Processo	Estas são minimizadas pelo dimensionamento dos estoques	Estas são corrigidas a partir de suas causas principais.
Eficácia	Entregar o produto ao cliente na data, quantidade e qualidade certa, com redução dos estoques.	Entregar os produtos ao cliente na qualidade, quantidade e data certa, sem a existência de estoques.
Tipo Produção	Produtos fabricados em lote	Produtos fabricados de forma unitária
Controle de Fluxo de Produção	Baseado em sistema informatizado	Baseado em sistemas visuais tipo Kanban
Foco da Melhoria	Trabalha sobre o fluxo de materiais, onde busca-se melhoria pela atuação na dimensão física da organização.	Trabalha sobre a ação das pessoas, buscando melhorias através de uma atuação sobre as três dimensões (Física, Intelectual e Social da organização).
Flexibilidade	Voltado a produções com maior grau de flexibilidade. (Mix de produtos maior)	Voltado a produções com menor grau de flexibilidade. (Mix de produtos menor)

Fonte: Elaborada pela autora

#### 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS E PROPOSIÇÕES PARA ESTUDOS FUTUROS

Os sistemas JIT e MRP são utilizados por diversas organizações, sejam multinacionais ou de pequeno porte, apoiando a sua função produção na obtenção de maiores e melhores desempenhos. Estes sistemas englobam um conjunto de técnicas e ferramentas voltadas a

organizar todas as operações realizadas ao longo da produção, com o propósito de aumentar sua produtividade, eficiência e eficácia, aumentando desta forma o valor entregue ao cliente, e conseqüentemente reduzindo os custos.

Este estudo evidenciou que cada sistema teve sua origem motivada por uma necessidade



imposta pela realidade do mercado onde a organização fundadora estava inserida. No caso do MRP, a organização dispunha de uma elevada estrutura, com um grande investimento em equipamentos, sendo a mesma capaz de alcançar altíssimas taxas de produção, sistema caracterizada pela Produção em Massa, desenvolvida por Ford. Já no caso do JIT, a organização criadora do sistema não dispunha de uma estrutura grande, ao contrário, esta era pequena e com baixo grau de automação, com baixo nível de capital para a realização de grandes investimentos, e pouca capacidade para um grande volume de produção, caso japonês da montadora Toyota, caracterizada pela Produção Flexível ou Enxuta.

Neste caso, ao desenvolver o MRP, a montadora Ford buscou aumentar a eficiência dos processos por meio do aumento do planejamento e do controle das operações a serem realizadas, amenizando os impactos das falhas existentes sobre o desempenho. Já no caso do JIT, o modelo japonês, buscou a eficiência através da otimização do uso dos recursos disponíveis, por meio do combate as falhas existentes ao longo do processo. Assim, o JIP se sobrepôs ao MRP, ao disponibilizar o aumento do controle das atividades desempenhadas.

Muitas diferenças puderam ser identificadas ao longo do presente estudo, podendo as mesmas ser divididas em dois principais tópicos, primeiramente na forma que ela busca aumentar sua eficiência, e posteriormente em quais fatores este sistema se apoia para aumentar sua eficiência.

No contexto da eficiência, este estudo estimou que a organização ao adotar o JIT deve buscar aumentar cada vez mais sua produtividade, empregando cada vez menos recursos. Como recursos são considerados todos os ativos que a organização disponibiliza para a realização das suas operações. Inclui-se aqui não somente os materiais, mas sim os equipamentos, a estrutura e as pessoas envolvidas. No caso do MRP, seu foco, como já visto está na otimização do fluxo de materiais, para que a empresa possa atender a seus pedidos, com o menor estoque possível. Viu-se, portanto, que sua intenção não é acabar com os estoques, mas sim minimizá-los, desde que os mesmos não parem de encobrir as falhas existentes no processo.

Para estudos futuros, sugere-se um estudo de caso com levantamento de informações qualitativas e quantitativas, de modo a observar quais são as aplicações de ambos os sistemas de produção na atualidade.

## REFERÊNCIAS

- [1]. ARAUJO, A.C.J. A Contribuição do Sistema da Qualidade para Melhoria na Gestão dos Arquivos: UM Estudo de Caso da EMBASA. Salvador – BH. 2009. 66p. Universidade Federal da Bahia.
- [2]. BURBIDGE, J. L. Planejamento e Controle da Produção. São Paulo: Atlas, 1983.
- [3]. CAMPOS, R.; OLIVEIRA, L. C. Q.; SILVESTRE, B.S.; FERREIRA, A.S. A Ferramenta 5S e suas Implicações na Gestão da Qualidade Total. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. 12., 2005, São Paulo. Anais. 2005, 12p.
- [4]. CARRARO, R.V. Avaliação de um Processo de Implantação da Mentalidade Enxuta e seu Desempenho no Fluxo de Valor: Um Estudo de Caso. Departamento de Economia, Contabilidade e Administração da Universidade de Taubaté – UNITAU. Taubaté – SP. 2005. 152p.
- [5]. CHRISTOPHER, M. Logística e Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos. São Paulo: Cengage, 2015.
- [6]. CORRÊA, H. L.; GIANESI, I.G.N. Just in time, MRP II e OPT: um enfoque estratégico . 2.ed. São Paulo: Atlas, 2001.
- [7]. CORRÊA, H. L.; GIANESI, I. G. N.; CAON, M. Planejamento, Programação e Controle da Produção MRP II/ERP: conceitos, uso e implantação . 2. ed. São Paulo: Atlas, 1999. 411p.
- [8]. DAVIS, M. M.; AQUILANO, N. J.; CHASE, R. B. Fundamentos da Administração da Produção. Tradução SCHAAN Eduardo D'Agord et al. 3º ed. Porto Alegre. Editora Bookman. 2001.
- [9]. DENNIS, P. Produção Lean Simplificada. Tradução GARCIA, Rosália Angelita Neumann. 2º ed. Porto Alegre. Editora Bookman. 2008.
- [10]. DI BELLO, B. C. Uma Metodologia de Planejamento Aplicado à Cadeia de Suprimentos de Construções Prediais. 2007, 184p. Faculdade de Engenharia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ. Rio de Janeiro – RJ.
- [11]. FORRESTER, J.W. Industrial dynamics. Cambridge, MA: MIT Press, 1961. ISBN 978-0-262-56001-6



- [12]. KOTLER, P.; KELLER, K.L. *Administração de Marketing: A Bíblia do Marketing*. 12º ed. São Paulo. tradução: Monica Rosemberg; Brasil Ramos Fernandes; Cláudia Freire. editora Pearson Prentice Hall. 2006.
- [13]. LEITE, W.R. *Sistema de Administração da Produção Just in Time (JIT)*. Belo Horizonte – MG. IETEC – Instituto de Educação Tecnológica Continuada. agosto de 2006. 16p.
- [14]. LUTOSA, L.; MESQUITA, M.A.; QUELHAS, O.; OLIVEIRA, R. *Planejamento e Controle da Produção*. Rio de Janeiro: Elsevier.2008.
- [15]. MOURA, V.M.G. *Análise do Atendimento e Estoques Influenciados pela Mudança do Método de Planejamento: Uso do MRP Versus um Sistema Puxado com Uso do KAMBAN*. 2006. 78p. Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC. Joinville – SC.
- [16]. NICODEMO, L.G. *Sistema de Produção Puxado*. Disponível em <http://www.soartigos.com/articles/1823/1/O-Sistema-de-Producao-Puxado/Page1.html>. Acessado em 20/01/2015.
- [17]. SANTOS, N. C. R., et al. *Implantação do 5Ss para qualidade nas empresas de pequeno porte na região central do Rio Grande do Sul*. 2006. Trabalho apresentado ao 14º Simpósio de Produção, Bauru, 2006.
- [18]. SERRA, F.; TORRES, M.C.S.; TORRES, A.P.; *Administração Estratégica – Conceitos, Roteiro Prático e Casos*; Rio de Janeiro; editora Reichmann & Affonso; 2004.
- [19]. SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. *Administração da Produção*. Tradução OLIVEIRA, Maria Tereza Corrêa. 2º ed. São Paulo. Editora Atlas. 2008.
- [20]. SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. *Administração de Produção*. 3 ed. São Paulo: Atlas, 2009.
- [21]. ZATTAR, I.C. *Metodologia para Implantação de um Sistema de Programação da Produção com a Capacidade Finita em Empresas Prestadoras de Serviços*. Instituto Superior de Tecnologia – Sociedade Educacional de Santa Catarina. Joinville – SC. Agosto de 2003. 116p.

# Capítulo 15

## LÓGICA NEBULOSA APLICADA AO GERENCIAMENTO DE INVENTÁRIO - MINIMIZANDO INCERTEZAS DE DEMANDA E SUPRIMENTO

*Ramon Cunha de Farias*

*Giovane Quadrelli*

*Carlos Eduardo Antunes da Silva*

**Resumo** – O propósito deste estudo é a elaboração de um sistema de controle nebuloso aplicado ao gerenciamento de inventário, esta ferramenta de controle será denominada GIF, “Gestão de Inventário Fuzzy”. O GIF tem por objetivo lidar com incertezas de demanda e disponibilidade de fornecimento. Métodos estocásticos convencionais podem determinar apenas a demanda, porém a indisponibilidade do fornecimento de determinado material pode acontecer muitas vezes em um sistema de manufatura e um método convencional não irá contemplar este tipo de incerteza em seus cálculos. No estudo proposto, demanda e fornecimento de material serão descritos por termos linguísticos e aplicados através de regras Fuzzy que apontarão a demanda necessária e o ponto de ressurgimento para que não haja indisponibilidade do material e nem excesso de inventário. O modelo Fuzzy tende a ser mais flexível que o convencional (via métodos estocásticos) devido aos ajustes feitos na demanda e ponto de ressurgimento, enquanto o método convencional abre mão do uso de estoques de segurança fixo, que tende a elevar os custos relacionados ao inventário. Uma simulação será feita para que sejam apresentados resultados que comprovem que o custo do gerenciamento de inventário através do uso do GIF é menor que o método de gerenciamento convencional por modelos estocásticos.

**Palavras-chave:** Gestão de Inventário. Controle Nebuloso. Incerteza de Demanda e Ressurgimento.

## 1. INTRODUÇÃO

A gestão de estoques é uma prática de fundamental importância para o sucesso de empresas nos mais variados segmentos. Empresas que operam com baixos índices de lucratividade dependem de uma gestão de estoques eficiente, sob pena de perderem competitividade. A manutenção eficiente de estoques não se caracteriza pela existência de grandes lotes de produtos para pronto atendimento aos clientes ou, pelo contrário, pela inexistência de estoques na tentativa de minimizar custos de manutenção. Os estoques devem ser gerenciados de maneira equilibrada para garantir um nível de serviço adequado aos clientes e gerar lucros (SILVER et al., 1998).

Decisões ligadas ao gerenciamento de Inventário geram riscos e ao mesmo tempo benefícios à empresa. Um atraso ou um não ressuprimento de determinado material pode gerar diversos inconvenientes, desde a interrupção da produção até multas contratuais por não entrega do produto final. A tarefa mais importante no gerenciamento de inventário é o balanceamento entre a minimização dos custos e a maximização da satisfação do cliente. Em casos reais, este objetivo é muito difícil de ser atingido devido ao grande número de fatores envolvidos como: incerteza de demandas e ressuprimento.

O gerenciamento do inventário define com que frequência o nível do estoque é revisado para que seja determinado quando e quanto deverá ser o ressuprimento. Em um modelo de gerenciamento de inventário contínuo, uma ordem de ressuprimento é gerada toda vez que os níveis do inventário caem, enquanto em um modelo periódico esta mesma ordem é gerada através de um intervalo de ressuprimento pré-determinado.

Um modelo convencional assume certezas ou incertezas de demanda e ressuprimento, porém na realidade, demanda e ressuprimento são incertos devido a mudanças de ordens, restrição de capacidade de fornecedores e/ou eventos imprevisíveis. Uma vez que algumas incertezas não podem ser gerenciadas de forma a se ter um resultado mais próximo da realidade fazendo o uso do modelo convencional que utiliza os métodos probabilísticos para cálculo, a teoria Fuzzy auxilia na modelagem de um sistema de gerenciamento de inventário.

A modelagem Fuzzy originalmente introduzida por Zadeh [ref bibliográfica 4] desde a década de 80, provê uma estrutura para a consideração de parâmetros que são vagamente conhecidos, definidos de forma subjetiva baseados em experiência individual e/ou onde os valores são incertos. Alguns trabalhos aplicaram as teorias Fuzzy para determinação de incertezas de demanda e ressuprimento [5].

Um exemplo claro desta aplicação deu-se através do trabalho de Roi e Maiti [ref bibl8-9] onde um problema típico de quantidade econômica de encomenda (EOQ) foi resolvido usando um método não linear Fuzzy. A quantidade econômica de encomenda nada mais é do que um modelo de gestão de estoques que envolve a aquisição de uma quantidade fixa de produto. O montante exato do produto a ser encomendado depende da relevância do inventário transportado, das características de custo e procura dos produtos, assim como dos custos envolvidos de uma nova encomenda.

Outros métodos para determinação dessas incertezas são a cadeia de Markov e métodos matemáticos [10-11]. Ambos métodos determinam o tempo de espera até a próxima ordem, porém são métodos muito complexos e de difícil entendimento.

O GIF foi escolhido para uso neste estudo para tratar das incertezas relacionadas a demanda e ressuprimento em um modelo de gerenciamento de inventário contínuo. Para isso será utilizado o software MATLAB (Fuzzy Toolbox) para representar este sistema de controle contínuo. A demanda, ressuprimento, quantidade econômica de encomenda e ponto de ressuprimento serão descritos por variáveis linguísticas. O principal objetivo será avaliar a quantidade econômica de encomenda e o ponto de ressuprimento para cada período tomando em consideração as incertezas na demanda e suprimento.

## 2. O SISTEMA DE INVENTÁRIO

### 2.1 GERENCIAMENTO DE INVENTÁRIO

A gestão de inventário, independentemente da empresa que a pratica, consiste numa série de processos com múltiplas funções referentes ao acompanhamento, manuseamento e gestão de materiais em estoque. Uma gestão de inventário eficiente confere sempre vantagem competitiva às empresas, seja qual for a natureza do seu

negócio. Além de reduzir os custos operacionais, uma boa gestão do inventário também dá origem a clientes satisfeitos, que continuarão a procurar a empresa no futuro, gerando assim mais negócio. No entanto, actualmente, a gestão de inventários não é tão simples como pode parecer à primeira vista.

O primeiro passo (e também o mais importante) para iniciar a gestão de inventário, consiste em recolher dados fidedignos em termos de detalhes e de valores. Seguidamente, há que implementar regras para proteger e guardar a informação de forma eficiente. Esta informação poderá tornar-se a base para a introdução de melhorias em termos operacionais, de estratégia e de produtividade.

Adicionalmente à monitorização física dos materiais que entram e que saem do armazém, e às reconciliações dos balanços de inventário, existem outras tarefas que podem estar envolvidas na gestão de inventário, nomeadamente o acompanhamento e reporting de técnicas de reposição de produtos, análises relativas ao estado actual e projectado do inventário, ou o estabelecimento de objectivos periódicos e reengenharia da forma de trabalhar.

Em um sistema de Gerenciamento de Inventário Contínuo uma gama de dados é gravada e utilizada como base para pontos de ressurgimento. Logo, toda vez que os níveis de determinado material diminuem no estoque, uma ordem de ressurgimento é liberada. Esta ordem por consequência, é uma ordem que visa minimizar o custo total de inventário (EOQ).

## 2.2 CUSTOS DE INVENTÁRIO

Normalmente três tipos de custo são pertinentes ao modelo de gerenciamento de inventário contínuo: custo de manutenção do estoque (carrying cost), custo de encomenda (ordering cost) e custo de falta de material (shortage cost).

“Carrying Costs” é o custo que uma empresa incorre ao longo de um determinado período de tempo para manter e armazenar o seu inventário. As empresas utilizam este número para ajudá-las a determinar o quanto de lucro pode ser feito com estoque atual. Ela também ajuda a descobrir se há uma necessidade de produzir mais ou menos, a fim de manter-se com as despesas ou manter o mesmo fluxo

de renda. Este custo varia de acordo com o tempo que o material fica estocado.

“Ordering Costs” são custos de encomendar um novo lote de material. Estes incluem o custo de colocar uma ordem de compra, custos de inspeção de lotes recebidos, custos de documentação, etc. Estes custos variam inversamente com os custos de transporte. Isso significa que quanto mais pedidos de lugares e fornecedores diferentes, maior serão os custos de pedidos. No entanto, mais encomendas significa níveis de estoque menores e conseqüentemente “Carrying Costs” menores. Portanto, o mais importante para uma empresa é minimizar a soma destes custos, para isso aplica-se o modelo de quantidade de ordem econômica (EOC).

“Shortage Costs” é o custo que incide em um produto/projeto devido a falta de determinado material. Isto ocorre quando a demanda do cliente não pode ser atendida devido a insuficiência de material. Essa ausência de material pode incidir na perda de vendas e conseqüentemente perda dos lucros. Este custo tem um relacionamento inverso ao custo de manutenção do inventário, ou seja, quanto mais material no estoque maior o custo de manutenção de inventário porém menor será o custo da falta de material.

## 2.3 MODELO DE INVENTÁRIO COM DEMANDA VARIÁVEL

O Modelo Estocástico de Gerenciamento de Inventário é um dos mais fundamentais modelos de gerenciamento de inventário, isto se dá por ser o mais utilizado pelas indústrias e por servir de base para os modelos mais sofisticados. Este modelo trata as incertezas de modo randômico e manipulado de forma probabilística. Assumindo que, a demanda é representada por uma distribuição normal, estimada pela média da demanda de um determinado material para um período e seu respectivo desvio padrão.

A quantidade da ordem a ser liberada pode ser determinada pela seguinte equação da EOC:

$$EOC = \sqrt{\frac{2CoH\bar{d}(Ch+Cs)}{ChCs}} \quad (1)$$

Onde:

EOC: Quantidade de Ordem Econômica

Co: Custo de ressuprimento por período

Ch: Custo de manutenção do inventário por período

Cs: Custo de escassez do material por período

$\bar{d}$ : Média semanal da demanda

H: Horizonte de análise (número de semanas em análise)

A determinação de quando este ressuprimento deverá ocorrer em um sistema de gerenciamento de inventário contínuo é denominado ponto de ressuprimento, isto é, o exato momento que uma nova ordem deve ser liberada. Neste modelo, se a demanda é incerta, deve-se somar o estoque de segurança. Isto se dá pela equação a seguir:

$$R = \bar{d}T + ES \quad (2)$$

$$ES = Z\sigma\sqrt{T} \quad (3)$$

Onde:

R: Qtde a ser ressuprida

ES: Estoque de Segurança

T: Lead Time

$\hat{\sigma}$ : Desvio Padrão da demanda semanal

z: Nível de serviço

### 3. LÓGICA FUZZY

#### 3.1 CONCEITUAÇÃO

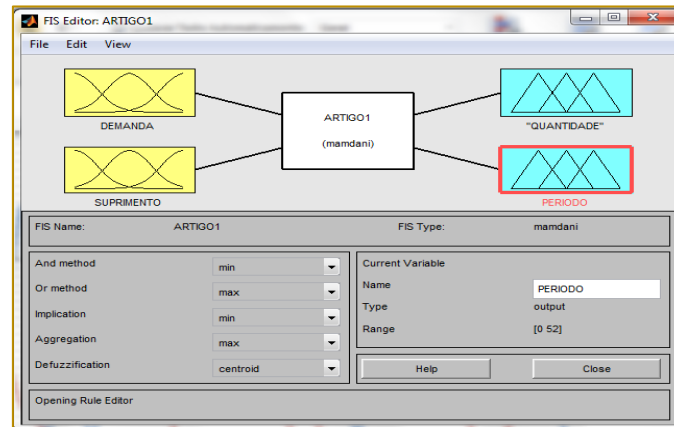
A Lógica Fuzzy (Nebulosa) é a lógica que suporta os modos de raciocínio que são aproximados ao invés de exatos. Modelagem e controle fuzzy de sistemas são técnicas para o tratamento de informações qualitativas de uma forma rigorosa. Derivada do conceito de conjuntos fuzzy, a lógica fuzzy constitui a base para o desenvolvimento de métodos e algoritmos de modelagem e controle de processos, permitindo a redução da complexidade de projeto e implementação, tornando-se a solução para problemas de controle até então intratáveis por técnicas clássicas.

Ela difere dos sistemas lógicos tradicionais em suas características e seus detalhes. Nesta lógica, o raciocínio exato corresponde a um caso limite do raciocínio aproximado, sendo interpretado como um processo de composição de relações nebulosas. Na lógica fuzzy, o valor verdade de uma proposição pode ser um subconjunto fuzzy de qualquer conjunto parcialmente ordenado, ao contrário dos sistemas lógicos binários, onde o valor verdade só pode assumir dois valores: verdadeiro (1) ou falso (0).

#### 3.2 SISTEMA DE CONTROLE DE INVENTÁRIO FUZZY (GIF)

No Sistema de controle de Inventário Fuzzy (GIF) proposto neste estudo, existem 3 componentes: os Inputs, as regras e os outputs. O GIF é estruturado através do programa MATLAB onde o cálculo das quantidades das ordens econômicas serão gerados, juntamente com o período em que deve ser ressuprido o material. Os elementos desta análise são estruturados de acordo com o sistema de inferência montado no Toolbox de Fuzzy do MATLAB, conforme figura 1:

Figura 1 – Sistema de Controle de Inventário utilizando Matlab



As variáveis de entrada deste trabalho são demanda e disponibilidade de suprimento, enquanto as variáveis de saída ficam sendo a quantidade econômica para suprir a demanda e o respectivo período de ressuprimento. As funções utilizadas para fuzzificar as variáveis de entrada e saída são denotadas por funções triangulares e trapezoidais.

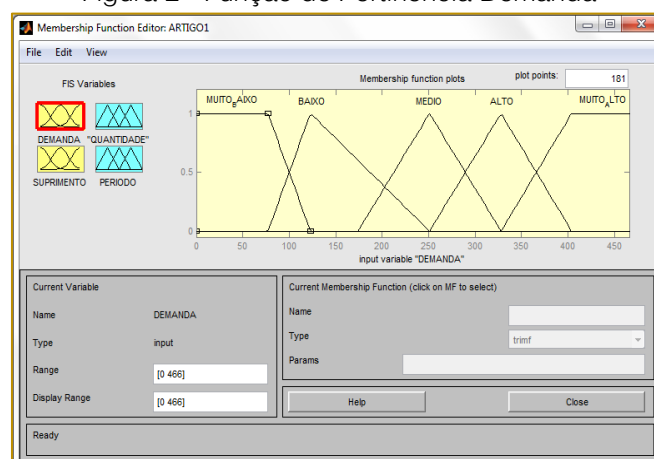
### 3.3 VARIÁVEIS DE ENTRADA

Como visto no tópico acima, as variáveis de entrada são Demanda e Disponibilidade de Suprimento que estão descritos pelas “membership functions” ou funções de pertinência: Demanda e Suprimento. A demanda fuzzy e a disponibilidade de

suprimento fuzzy são baseadas nos dados históricos, experiência da gestão e na análise de montecarlo das mesmas. Para a variável demanda se assumiu que 5 variáveis linguísticas serão usadas: Muito Baixo, Baixo, Médio, Alto e Muito Alto.

O universo de discurso da variável demanda é dado pela função de pertinência (figura 2) baseado nos parâmetros  $[0 \ d^- - \sigma \ d^- \ d^+ + \sigma \ Maxd]$ . Os parâmetros foram desenvolvidos de acordo com as características observadas através da análise de montecarlo (distribuição normal) e a situação atual de incerteza de demanda.

Figura 2- Função de Pertinência Demanda

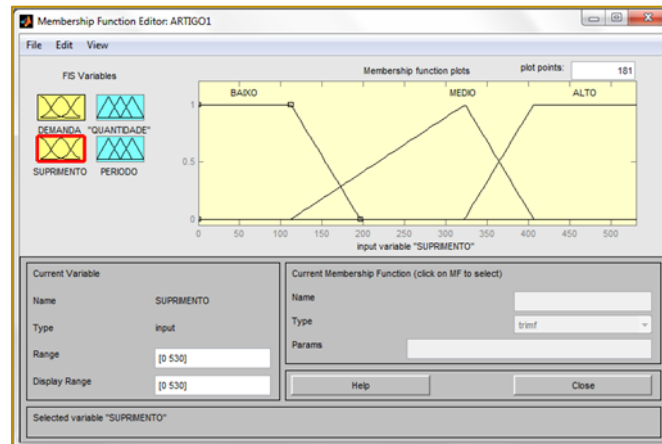


Já quando falamos do suprimento, ou seja, da disponibilidade do que o fornecedor possui para suprir em determinado período, um determinado tipo de material, foram

consideradas as variáveis linguísticas: Baixo, Médio e Alto com parâmetros  $[0 \ Ss \ Smax]$



Figura 3- Função de Pertinência Suprimentos



### 3.4. VARIÁVEIS DE SAÍDA

Um sistema convencional de gerenciamento de Inventário usa valores fixo de quantidades e períodos de ressuprimento para determinado material, entretanto a situação real difere bem dos modelos teóricos, isto porque muitos materiais podem não estar disponíveis quando é mais preciso. Com isso, por muitas vezes os “gestores” do inventário decidem, por dados históricos, atribuir estoques de segurança para mitigarem impactos devido a falta de material, porém com isso tendem a aumentar os custos de se ter o material no estoque (Carrying costs).

O modelo proposto possui duas variáveis de saída, descritas pelas funções de pertinência

representadas por Quantidade e Período, que indicam o quanto deve ser comprado e quando este ressuprimento deve acontecer afim de que não haja falta de material, nem excesso do mesmo no estoque. Assumiu-se que Quantidade terá 3 variáveis de linguísticas: Baixo, Médio e Alto, enquanto o Período terá 5 variáveis linguísticas: Muito Baixo, Baixo, Médio, Alto e Muito Alto. Ambas serão baseadas na utilização do método da distribuição normal, onde o desvio padrão ajuda a delimitar as variáveis.

Quantidade ( $0 \bar{q} q_{max}$ ) e Período ( $0 \bar{p} - \sigma \bar{p} \bar{p} + \sigma p_{max}$ ).

Figura 4- Função de Pertinência Quantidade

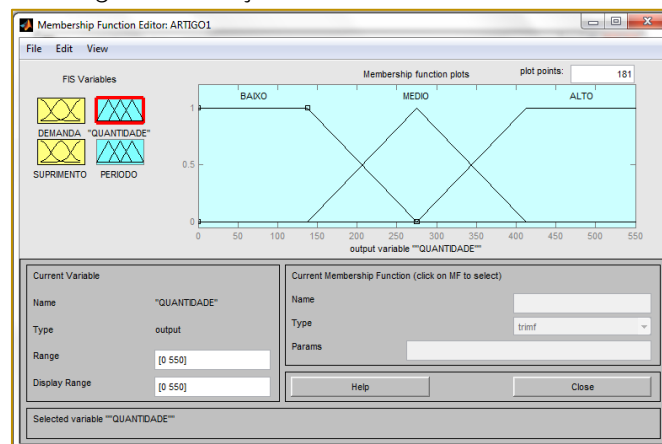
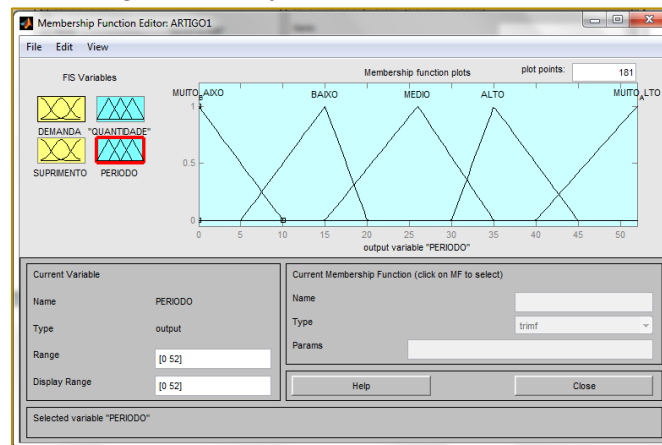


Figura 5- Função de Pertinência Período



### 3.5. REGRAS DE FUZZIFICAÇÃO

O modelo de inferência Fuzzy utilizado foi o Mandani, logo a relação entre as variáveis de

entrada Demanda e Suprimento, tais como as variáveis de saída Quantidade e Período se dão pelas regras a seguir:

- R1. If (DEMANDA is MUITO\_BAIXO) and (SUPRIMENTO is BAIXO) then ("QUANTIDADE" is MEDIO)(PERIODO is BAIXO) (1)  
 R2. If (DEMANDA is MUITO\_BAIXO) and (SUPRIMENTO is MEDIO) then ("QUANTIDADE" is BAIXO)(PERIODO is MEDIO) (1)  
 R2. If (DEMANDA is MUITO\_BAIXO) and (SUPRIMENTO is MEDIO) then ("QUANTIDADE" is BAIXO)(PERIODO is MEDIO) (1)  
 R4. If (DEMANDA is BAIXO) and (SUPRIMENTO is BAIXO) then ("QUANTIDADE" is MEDIO)(PERIODO is BAIXO) (1)  
 R5. If (DEMANDA is BAIXO) and (SUPRIMENTO is MEDIO) then ("QUANTIDADE" is BAIXO)(PERIODO is MEDIO) (1)  
 R6. If (DEMANDA is BAIXO) and (SUPRIMENTO is ALTO) then ("QUANTIDADE" is BAIXO)(PERIODO is MUITO\_ALTO) (1)  
 R7. If (DEMANDA is MEDIO) and (SUPRIMENTO is BAIXO) then ("QUANTIDADE" is MEDIO)(PERIODO is MUITO\_BAIXO) (1)  
 R8. If (DEMANDA is MEDIO) and (SUPRIMENTO is MEDIO) then ("QUANTIDADE" is MEDIO)(PERIODO is MEDIO) (1)  
 R9. If (DEMANDA is MEDIO) and (SUPRIMENTO is ALTO) then ("QUANTIDADE" is MEDIO)(PERIODO is ALTO) (1)  
 R10. If (DEMANDA is ALTO) and (SUPRIMENTO is BAIXO) then ("QUANTIDADE" is ALTO)(PERIODO is MUITO\_BAIXO) (1)  
 R11. If (DEMANDA is ALTO) and (SUPRIMENTO is MEDIO) then ("QUANTIDADE" is ALTO)(PERIODO is MEDIO) (1)  
 R12. If (DEMANDA is ALTO) and (SUPRIMENTO is ALTO) then ("QUANTIDADE" is BAIXO)(PERIODO is MEDIO) (1)  
 R13. If (DEMANDA is MUITO\_ALTO) and (SUPRIMENTO is BAIXO) then ("QUANTIDADE" is ALTO)(PERIODO is MUITO\_BAIXO) (1)  
 R14. If (DEMANDA is MUITO\_ALTO) and (SUPRIMENTO is MEDIO) then ("QUANTIDADE" is ALTO)(PERIODO is MUITO\_BAIXO) (1)  
 R15. If (DEMANDA is MUITO\_ALTO) and (SUPRIMENTO is ALTO) then ("QUANTIDADE" is ALTO)(PERIODO is MEDIO) (1)

### 3.6 EXEMPLO NUMÉRICO

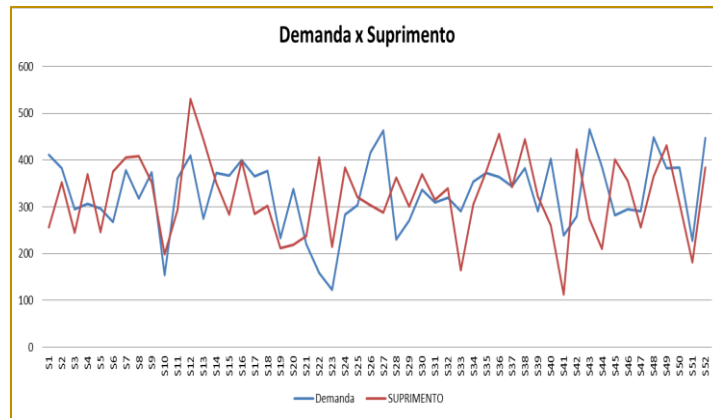
Dados históricos de um determinado material A (material denominado como A por motivo de confidencialidade) de uma indústria de óleo e gás, mostram que a empresa sofre com este material diversos problemas relacionados a demandas inesperadas, devido a danos na montagem e/ou problemas de não conformidade e adicionalmente com problemas de suprimento em alguns períodos do ano. Mesmo sendo uma empresa Engineer-to-order, determinados equipamentos tendem a ser tratado como make-to-stock pelos clientes internos, logo demanda e suprimento são variáveis que

impactam diretamente na manufatura. Demanda e suprimento podem facilmente ser representados por uma distribuição normal, e estoques de segurança tem sido considerados para evitar uma possível falta de material. Apesar disso, a falta de material acaba acontecendo em alguns períodos do ano e o custo total do gerenciamento do inventário também é alto.

O sistema de controle de inventário proposto tem por objetivo reduzir os custos de inventário e os níveis de material em estoque, considerando a colocação de ordens econômicas em períodos menos espaçados do que o praticado.

Um exemplo desta variação entre demanda e suprimento se dá pela figura a seguir:

Figura 6- Gráfico Demanda x Suprimento



Observa-se a partir da figura 6 que o suprimento (disponibilidade de material no fornecedor) varia bastante ao longo de um ano, ocasionando para alguns períodos, indisponibilidade de material.

Para testarmos a funcionalidade do sistema de controle, efetuamos duas comparações:

[1] A primeira comparação relacionada a demanda x quantidade de ressuprimento, utilizando o método convencional e o sistema de controle Fuzzy;

Figura 6- Gráfico Demanda x Quantidade pelo método convencional

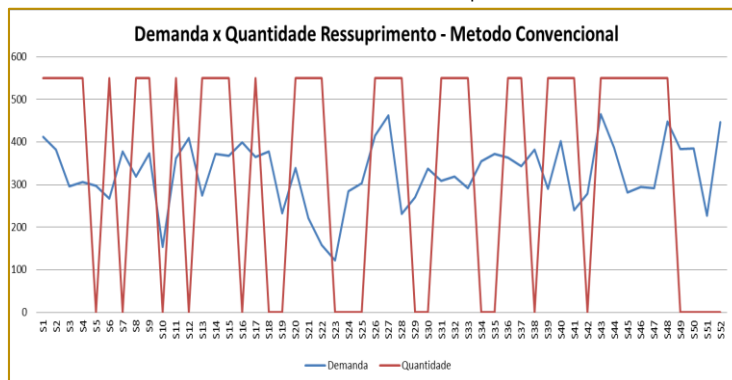
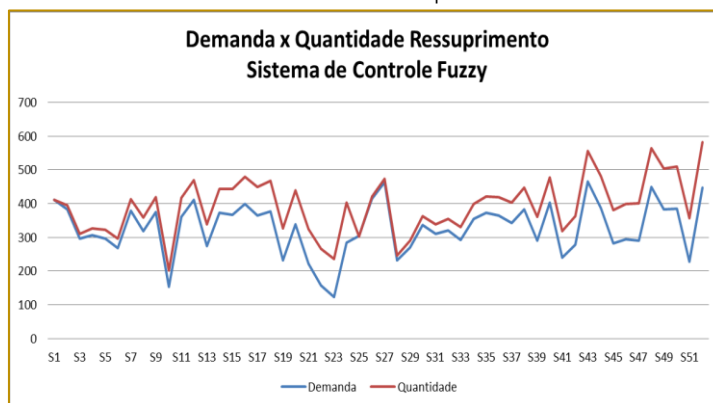


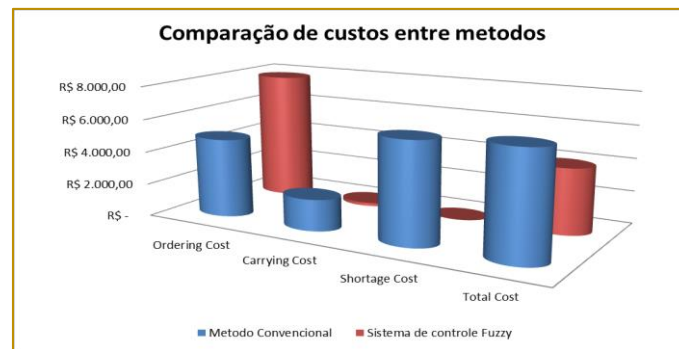
Figura 7- Gráfico Demanda x Quantidade pelo sistema de controle Fuzzy



[2] A segunda comparando os custos de inventário: Ordering cost (R\$150,00/ordem), carrying cost (R\$0.05/unidade) e shortage cost (R\$50,00 unidade/período), utilizando o

método convencional e o sistema de controle Fuzzy.

Figura 8- Gráfico comparação de custos entre métodos



A figura 8 mostra que o modelo convencional possui custo de abertura de ordem menor que o modelo regido pelo sistema de controle fuzzy, isso se dá pois o método convencional, considera lotes fixos e acima da demanda, fazendo com que o número de ordens de ressuprimento seja menor do que o gerado pelo sistema de controle fuzzy que sugere ordens econômicas a cada período.

Também se é notado que os custos de manutenção do inventário é bem menor quando utilizado o sistema de controle fuzzy pois comparado ao método convencional possui níveis de inventário inferior.

O maior custo identificado foi o custo devido a falta de material, que no modelo convencional é evidente por não conseguir gerenciar as incertezas de suprimentos, quando o mesmo no sistema de controle fuzzy é bem próximo de zero por apresentar pontos de ressuprimento em todos os períodos porém em níveis menores.

Por fim, fica nitido que com o uso do sistema de controle de inventário fuzzy, o custo total de gerenciamento do estoque é menor que o gerado pelo modelo convencional.

Tabela I – Comparação dos Custos e Economia de Custos

	Ordering Cost	Carrying Cost	Shortage Cost	Total Cost
Metodo Convencional	R\$ 4.800,00	R\$ 1.912,60	R\$ 6.125,53	R\$ 6.419,07
Sistema de controle Fuzzy	R\$ 7.800,00	R\$ 189,05	R\$ -	R\$ 3.994,53
Economia de Custo	62,5%	-90,1%	-100,0%	-37,8%
Economia de Custo	X	✓	✓	✓

Conforme apresentado na tabela acima, o resultado confirma que a utilização do sistema de controle Fuzzy é bem mais eficiente em redução de custos que o modelo convencional.

#### 4. CONCLUSÃO

Neste estudo, o sistema de controle de inventário Fuzzy considerou incertezas de

demanda e suprimento, usou-se o programa MATLAB para que o modelo fosse implementado.

Os resultados obtidos claramente mostraram que o sistema de controle de inventário Fuzzy apresentou uma economia dos custos de gerenciamento de inventário maiores que o método convencional. O sistema também se mostrou mais flexível que o modelo

convencional, pois as variáveis de saída podem ser reavaliadas continuamente, além de permitir o usuário que mude os valores de input ou reajustar os parâmetros de forma fácil, quando a situação assim o solicitar. Sendo assim, pode-se estender o sistema de

controle de inventário Fuzzy a um modelo com aprendizado, utilizando assim redes neurônios.

## REFERÊNCIAS

- [1] <http://www.lokad.com/> Em 27/09/2015, 23:30h.
- [2] <https://www.instituteforsupplymanagement.org> Em 25/09/2015, 22:30h.
- [2] T. Tanthatemee e B. Phruksaphanrat "Fuzzy Inventory System Control for uncertainties". International Multiconference of Engineers, Hong Kong, 2012.
- [3] S. Russel e W. Taylor III. "Operations Management quality and competitiveness in a global environment". 5ª Edição Wiley, 2006
- [4] L.A. Zadeh, "Fuzzy Sets – Information and Control", vol. 8. 1965
- [5] T.Q. Roy, M. Maiti, "A Fuzzy EOQ model with demand dependent unit cost under limited storage capacity." European Journal of Production Economics, 1997
- [6] C-H. Wang. "Some remarks on an optimal order quantity and reorder point when supply and demand are uncertain" Computers & Industrial Engineering, vol. 58, 2010.

# Capítulo 16

## MODELO DE PREVISÃO DE DEMANDA BASEADO EM REDES NEURAIIS: OTIMIZANDO A CADEIA DE SUPRIMENTOS

*Ramon Cunha de Farias*

*Giovane Quadrelli*

*Carlos Eduardo Antunes da Silva*

**Resumo:** Uma previsão exata da demanda em uma cadeia de suprimentos é a chave para redução dos custos relacionados ao inventário. Baseado em redes neurais artificiais se propõe um modelo de previsão de demanda para auxílio a cadeia de suprimentos. Um algoritmo de aprendizagem é proposto para que auxilie em séries temporais futuras, a fim de validar o estudo feito e seu desempenho, os dados simulados serão comparados diretamente com os dados reais de demanda, logo ao comparar os dados desta previsão usando uma rede do tipo Mult Layer Perceptron (MLP) e redes neurais recorrentes, pode-se mostrar que as redes neurais recorrentes tendem a ajudar na precisão das previsões.

**Palavras-chave:** Redes neurais artificiais. Previsão de demandas. Cadeia de suprimentos.



## 1. INTRODUÇÃO

A gestão de estoques é uma prática de fundamental importância para o sucesso de empresas nos mais variados segmentos. Empresas que operam com baixos índices de lucratividade dependem de uma gestão de estoques eficiente, sob pena de perderem competitividade. A manutenção eficiente de estoques não se caracteriza pela existência de grandes lotes de produtos para pronto atendimento aos clientes ou, pelo contrário, pela inexistência de estoques na tentativa de minimizar custos de manutenção. Os estoques devem ser gerenciados de maneira equilibrada para garantir um nível de serviço adequado aos clientes e gerar lucros (SILVER et al., 1998) [1].

Uma empresa pode deter estoques de matéria prima, peças, materiais em processo ou produtos acabados por uma variedade de razões, e decisões ligadas ao gerenciamento de Inventário geram riscos e ao mesmo tempo benefícios à empresa. A criação de zonas de tampão contra as incertezas da oferta e procura, os atrativos de custos baixos de aquisição e transporte, o proveito em economias de escala na compra de grandes lotes, acúmulo de reservas para demandas sazonais, são motivos para um aumento considerável dos estoques nas organizações. Hoje, o principal no gerenciamento de inventário é o balanceamento entre a minimização dos custos e a maximização da satisfação do cliente.

Recentemente, a atenção centrou-se sobre o desenvolvimento de melhores modelos de previsão que reduzem ou eliminam os estoques, o que reflete no custo da gestão de inventário e na cadeia de suprimentos como um todo. Redes Neurais Artificiais (RNA), surge então, como uma ferramenta, no campo de previsão devido à sua capacidade de aprender funções complicadas.

Em 2000, Chaoting Xuan [2] propôs o uso de redes neurais artificiais para resolver o problema do inventário e otimizou as aplicações na gestão da cadeia de suprimentos como um todo, incluindo uma modelagem mais sofisticada. Este artigo propõe o uso de redes neurais recorrentes, tal como Xiang Dong et Guangrui Wen [3] para reduzir a incerteza de gerenciamento do inventário.

## 2. O SISTEMA DE INVENTÁRIO

A gestão de inventário, independentemente da empresa que a pratica, consiste numa série de processos com múltiplas funções referentes ao acompanhamento, manuseamento e gestão de materiais em estoque. Uma gestão de inventário eficiente confere sempre vantagem competitiva às empresas, seja qual for a natureza do seu negócio. Além de reduzir os custos operacionais, uma boa gestão do inventário também dá origem a clientes satisfeitos, que continuarão a procurar a empresa no futuro, gerando assim mais negócio. No entanto, atualmente, a gestão de inventários não é tão simples como pode parecer à primeira vista.

O primeiro passo (e também o mais importante) para iniciar a gestão de inventário, consiste em recolher dados fidedignos em termos de detalhes e de valores, são as chamadas variáveis do processo. Seguidamente, há que implementar regras para proteger e guardar a informação de forma eficiente. Esta informação poderá tornar-se a base para a introdução de melhorias em termos operacionais, de estratégia e de produtividade.

Adicionalmente à monitorização física dos materiais que entram e que saem do armazém, e às reconciliações dos balanços de inventário, existem outras tarefas que podem estar envolvidas na gestão de inventário, nomeadamente o acompanhamento e reporte de técnicas de reposição de produtos, análises relativas ao estado atual e projetado do inventário, ou o estabelecimento de objetivos periódicos e reengenharia da forma de trabalhar.

Em um sistema de Gerenciamento de Inventário Contínuo uma gama de dados é gravada e utilizada como base para pontos de ressuprimento. Logo, toda vez que os níveis de determinado material diminuem no estoque, uma ordem de ressuprimento é liberada (Quantidade de Ordem Econômica - EOQ). Esta ordem por consequência é uma ordem que visa minimizar o custo total de inventário.

### 3. MODELO DE PREVISÃO BASEADO EM RNAS DO TIPO FEEDFORWARD E SÉRIES TEMPORAIS FEEDFORWARD

Normalmente os modelos de redes neurais mais utilizados são do tipo feedforward, onde cada camada se conecta a próxima camada, porém sem caminho de volta, todas as conexões possuem uma mesma direção, partindo da camada de entrada para a camada de saída. Este modelo, geralmente, com um algoritmo de backpropagation, constrói múltiplas camadas de que efetuam a previsão de forma similar a uma série temporal (Função F na eq. 1). Estes modelos, consistem em um modelo auto regressivo não linear assim como mostra a equação (1). Neste caso, o valor em  $k+1$  desta série temporal é representado repetidamente por valores da série  $D+1$  como segue:

$$x(k+1) = F(x(k), \dots, x(k-D)) \quad (1)$$

Onde:  $k$  é a variação do tempo e  $F$  é uma função não linear que define a série temporal.

O método de previsão baseado em uma RNA, do tipo single step, configura o modelo de previsão, pré-definido por Yanxiang He [4] onde a equação de previsão é descrita da seguinte forma na equação (2):

$$x(k+1) = \sum_i^d f_i(x)x(k-i) + \varepsilon \quad i = 0, \dots, d \quad (2)$$

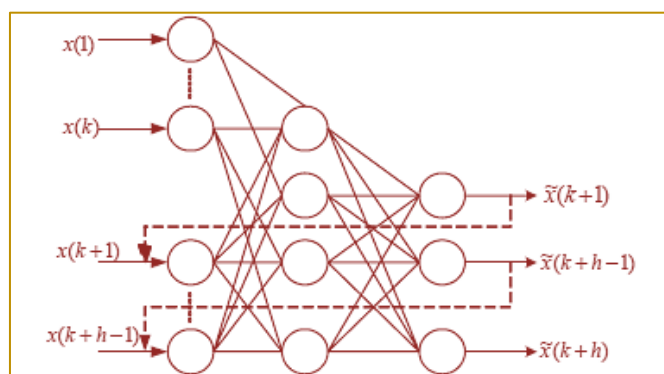
Onde  $F_i(x)$  é a função não linear da variável de entrada e  $d+1$  é o número de nós na rede de previsão.

De acordo com o modelo de previsão do tipo mult-step descrito na figura 1, o resultado de varias etapas podem ser obtidos passo a passo. Neste tipo de processo de previsão de múltiplos passos, quando um único passo é previsto tende-se a apresentar um erro de previsão do tipo, mostrado na equação (3):

$$\sum_{k+1}^1 \frac{1}{2} [x(k+1) - \hat{x}(k+1)]^2 \quad (3)$$

Durante o processamento, usando-se  $\hat{x}(k+1)$  como o valor predictor de entrada da rede, o erro de entrada torna-se perceptível. Com o aumento dos valores de previsão, o erro acumulado aumenta rapidamente, o que leva a imprecisão na previsão. A figura 1 mostra este modelo de RNA para previsões utilizando modelo de múltiplos passos:

Figura 1: Modelo de RNA de previsão tradicional



Fonte: Feedforward Neural Network Methodology

### 4. MODELO DE PREVISÃO BASEADO EM RNAS RECORRENTES E ALGORITMO DE APRENDIZADO

As RNAs recorrentes são estruturas de processamento capazes de representar uma grande variedade de comportamentos dinâmicos, a presença da realimentação da

informação permite a criação de representações internas e dispositivos de memória capazes de processar e armazenar informações temporais e sinais sequenciais. A disponibilidade de redes neurais recorrentes de importância prática está associada à existência de algoritmos de otimização eficientes para o ajuste de parâmetros, uma

rede neural do tipo perceptron com uma camada intermediária é um caso particular da rede recorrente apresentada na figura 1.

De outra forma, as RNAs não recorrentes podem ser interpretadas como poderosos operadores de transformação de representação, mas não são capazes de reutilizar a informação transformada, produzindo apenas mapas estáticos, esta é a principal razão para que este tipo de RNA encontre dificuldade em representar comportamento dinâmico, já que o vetor de saída da RNA, denominado  $\hat{s}(t)$ , depende apenas do valor de entrada definido no mesmo instante, denominado  $x(t)$ . Isto conduz a mapeamentos do tipo representado na equação (4) abaixo:

$$\hat{s}(t) = RN(x(t), \theta(t)) \quad (4)$$

Onde  $\theta$  denota o vetor de parâmetro no instante  $t$ , sendo de dimensão fixa no caso de RNAs paramétricas e dimensão variável no caso de RNAs não paramétricas.

Por outro lado, em RNAs recorrentes o tempo é representado pelo seu efeito real no processamento. Considerando apenas a existência de recorrência externa, ou seja, realimentação de informação de saída da RNA, isto resulta em modelos expressos pela equação (5).

$$\hat{s}(t) = RN_{rec}(x(t), \hat{s}(t-1), \theta(t)) \quad (5)$$

Caso o vetor de parâmetros seja constante ao longo do tempo, é possível substituir  $\theta(t)$  por  $\theta$  nas equações (4) e (5). Com isso, fica claro que, ao contrário do modelo de rede neural não-recorrente, o modelo de rede neural recorrente é uma função composta de  $\theta$ . Logo, a análise variacional dos modelos com recorrência (eq. 6) e sem recorrência (eq. 7) produz os seguintes resultados:

■ **Rede Neural Não-Recorrente:**

$$\hat{s}(t) = RN(x(t), \theta) \quad (6)$$

$$\frac{\partial \hat{s}(t)}{\partial \theta} = \frac{\partial RN}{\partial \theta}$$

■ **Rede Neural Recorrente:**

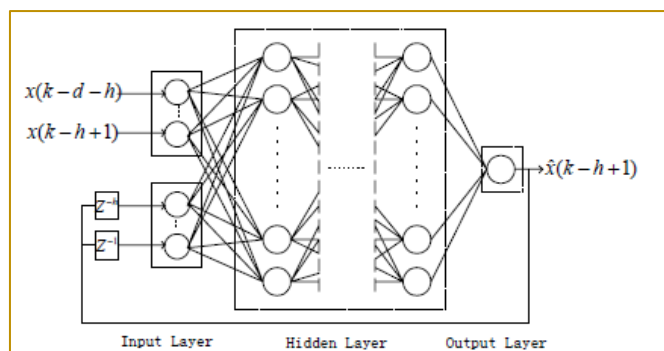
$$\hat{s}(t) = RN_{grav}(x(t), \hat{s}(t-1), \theta) \quad (7)$$

$$\frac{\partial \hat{s}(t)}{\partial \theta} = \frac{\partial RN_{grav}}{\partial \theta} = \frac{\partial RN_{grav}}{\partial \theta} + \frac{\partial RN_{grav}}{\partial \hat{s}(t-1)} \frac{\partial \hat{s}(t-1)}{\partial \theta}$$

A ideia básica deste processo numérico é realizar ajustes iterativos no vetor de parâmetros  $\theta$  sempre em direções em que a função objetivo decresça, atingindo o máximo de otimização possível no processo.

A RNA recorrente é construída a partir de uma rede neural de múltiplas camadas com alimentação de entrada e adicionando conexões de realimentação a partir de saída do neurônio da camada de entrada como mostrado na figura 2 a seguir:

Figura 2: RNA Recorrente



Fonte: Feedforward Neural Network Methodology

A RNA é dividida em 3 partes: camada de entrada (input layer), camada intermediária (hidden layer) e camada de saída (output layer), onde  $\hat{x}$  representa a saída da RNA (previsão) e  $Z^{-i}$  é um operador que representa por  $i$  termos o atraso no domínio do tempo da sequência de saídas da RNA. A camada de inputs é dividida por dois grupos de neurônios, onde o primeiro grupo age como os insumos externos à rede de coleta de dados de séries temporais originais ou medidos. O segundo grupo é formado pelos neurônios que memorizam previamente a saída da rede. Introduzindo o vetor a seguir:

$$C(k) \text{ onde } (C(k) = (C_1(k), \dots, C_h(k)))$$

Tal vetor serve para indicar a ativação dos neurônios, cada componente é calculado pela equação (8):

$$C_i(k) = Z^{-i}(\hat{x}(k+h+1)) = \hat{x}(k+h+1-i) \\ i = 1, \dots, h \quad (8)$$

Neste artigo irá se assumir que o modelo de previsão será fixo em  $h$ , logo em  $h$  temos um instante  $k$ , como o objetivo é prever usando séries temporais será usado os instantes  $k+1, k+2, \dots, k+h+1$ , assim sendo, o número de entradas decresce constantemente em  $d+1$  até  $d+h+1$  e o número de neurônios aumenta de 0 até  $h$ , respectivamente.

Portanto, as sequências recebidas pelas entradas do sistema e os neurônios operantes em cada instante  $k$ , é dado pela seguinte sequência:

O número de neurônios partirá do zero, o que torna o sistema em conformidade a partir das entradas;

Os instantes  $k+i$  para  $i=2, \dots, h+1$  não serão reais mais sim simulados. As entradas receberão os vetores  $x(k+1), \dots, x(k-d-1)$  e  $(i-1)$  será o neurônio que memorizará os valores  $i-1$  das saídas da RNA proposta, conforme exemplo a seguir da equação (9):

$$C_1 = \hat{x}(k+i-1) \dots C_1(k) = \hat{x}(k+1) \dots (9)$$

A seguir, as entradas e os neurônios são reinstalados.

Abaixo será descrito o modelo de treinamento utilizado para este sistema de previsão considerando várias etapas, em cada instante começando com  $k=d$ :

O número de neurônios inicia-se em zero. A entrada  $d+1$  será gravada pelo neurônio para dar partida a série temporal  $x(k), \dots, x(k-d)$ . A saída se dará pela equação (10):

$$\hat{x}(k+1) = \hat{F}(x(k), \dots, x(k-d), W_2) \quad (10)$$

O número de neurônios passa a ganhar uma unidade e o número de saídas, conseqüentemente, diminuído em uma unidade. Assim, o neurônio memoriza a saída da RNA calculada anteriormente  $\hat{x}(k+1)$ . Logo, a previsão no momento  $k+2$  é dada pela equação (11):

$$\hat{x}(k+1) = \hat{F}(x(k+1), x(k), \dots, x(k-d+1), W_2) \quad (11)$$

O passo anterior se repetirá sucessivamente até o neurônio atinja  $h$ . A saída do modelo nos instantes  $k+3, \dots, k+h+1$ , será dada a partir das equações (12) e (13):

$$\hat{x}(k+3) = \hat{F}(x(k+2), \hat{x}(k+1), x(k), \dots, x(k-d+2), W_2) \quad (12)$$

E analogamente, tem-se:

$$\hat{x}(k+h+1) = \hat{F}(x(k+h), \hat{x}(k+1), \\ x(k), \dots, x(k-d+h), W_2) \quad (13)$$

O parâmetro estabelecido para o modelo baseado em  $W_2$  é atualizado e segue a direção do gradiente negativo da função de erro, tal como mostrado pela equação (14):

$$e(k+1) = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^h (x(k+i+1) - \hat{x}(k+i+1))^2 \quad (14)$$

A fim de evitar um longo tempo de processamento que se exige através do uso de back propagation dinâmico, as alterações do sistema do modelo proposto usam a regra de back propagation tradicional.

Neste passo a variável de tempo  $k$  é aumentada em uma unidade e o

processamento do sistema volta ao passo 1. Este procedimento é seguido tantas vezes quanto forem necessárias as vezes, até que o conjunto atinja a convergência e/ou resultados esperados.

## 5. SIMULAÇÕES DO MODELO PROPOSTO

A simulação do sistema é dada pela seguinte equação (15):

$$x(k+1) = \lambda x(k)(1-x(k)) \quad (15)$$

Onde será adotado o valor de  $\lambda = 4.25$  e  $x(0)=0.5$  devido as restrições relacionadas ao estoque de segurança do produto e tempo inicial de transporte, respectivamente.

A equação acima descreve um sistema atual, onde a concorrência torna a previsão de

demanda incerta, pois o cliente pode ter uma gama infinita de fornecedores, as mudanças de ciclo de produção são constantes devido a redução de pessoal e de fornecedores qualificados. Também vale considerar que a cadeia de suprimentos (CS) como um todo não trabalha linearmente, pois recebe influencia do mercado e da situação caótica econômica mundial. Logo, estes pontos de incerteza no tempo, testam as variáveis de entrada tal como, o desempenho do modelo de previsão proposto.

Se inicializa a simulação em  $k=0$  chegando a  $k=52$ , onde o período de 1 ano será analisado.

A tabela 1 apresenta os erros de previsão sobre os dados de treinamento e a tabela 2 por consequência aponta os erros em cima da previsão.

Tabela 1- Serie Temporal da CS: erros de previsão sobre dados de treinamento

h	RNA Tradicional (3-10-1)	RNA recorrente (7-15-1)
0	0.0015	0.0015
7	0.0850	0.0135

Tabela 2- Serie Temporal da CS: erros de previsão

h	RNA Tradicional (3-10-1)	RNA recorrente (7-15-1)
0	0.002	0.002
7	0.105	0.026

As figuras 3 e 4, abaixo, mostram os erros para RNAs Tradicional e recorrente, respectivamente.

Figura 3 - RNA Tradicional: Metodo Single Step em  $h=0$

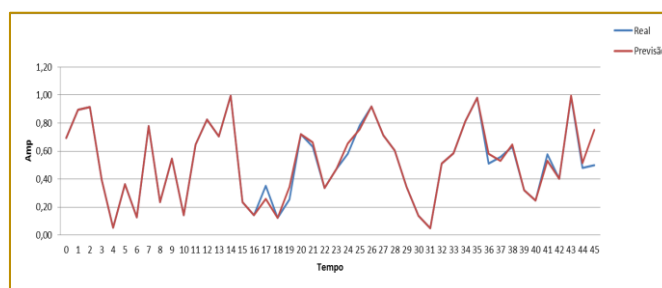
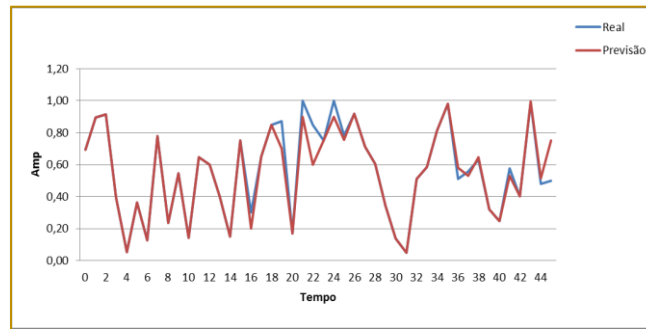
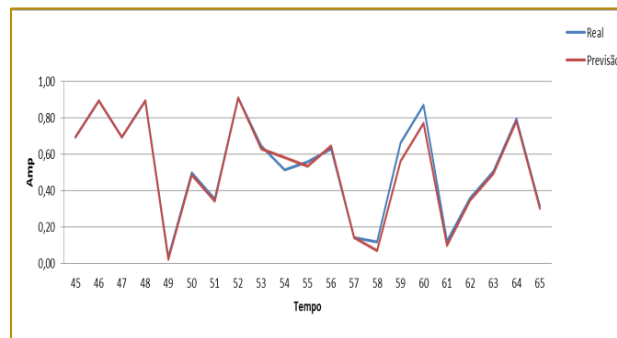
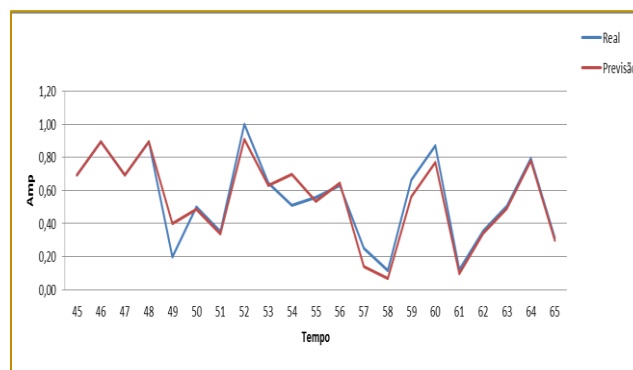


Figura 4 - RNA Recorrente: Metodo Single Step em  $h=0$ 

A seguir as figuras 5 e 6 mostram os erros os erros ocorridos em RNAs Tradicional e Recorrente em  $h=7$ .

Figura 5 - RNA Tradicional: Metodo Single Step em  $h=7$ Figura 6 - RNA Recorrente: Metodo Single Step em  $h=7$ 

## 6. APLICAÇÃO

Este artigo faz sua aplicação em uma indústria de Óleo e Gás onde em um ambiente caótico, as demandas são incertas, o modelo proposto simula como o suprimento do material "A" será feito para que a cadeia de suprimentos não fique desabastecida. De acordo com a conjuntura atual do mercado, fatores como: baixa do mercado, economia

em colapso e incertezas relacionados a matéria prima de fabricação influenciam no resultado final.

Destes fatores apenas falta de matéria prima e incertezas de demanda serão considerados neste estudo.

Primeiramente, serão mostrados os dados para um período de um ano, representados em semanas.

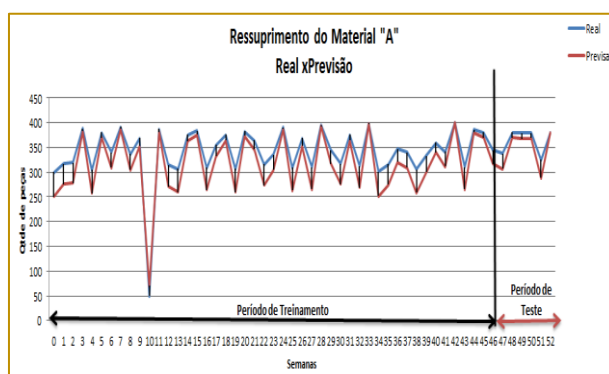


Em segundo lugar, o modelo de RNA recorrente recebe duas camadas a mais, o que inclui na camada de entrada quatro nós, por ser considerada a influência de diferentes períodos do ano. A camada de saída possui apenas um nó e a camada oculta possui 10 nós. Foram usadas 46 semanas com dados de amostras para treinamento e as demais 6 semanas com dados de teste que serão usados como amostras para construção do modelo de previsão de suprimento (compra material).

Em terceiro lugar, a fim de se melhorar a taxa das convergências das RNAs foram normalizadas os dados das 46 semanas de treinamento e utilizado a metodologia de treinamento em lotes, para se chegar a um lote econômico de ressuprimento.

A tabela 3 apresentada logo abaixo, mostra os possíveis erros, a maioria dos erros são controlados abaixo de 0,12, logo a tendência de suprimento esta baseada na atual situação de mercado. Abaixo a figura 7 mostra os dados de treinamento e previsão.

Figura 7 - Treinamento e testes de previsão de ressuprimento Material "A"



Na figura 7, os dados entre semana 46 e 52 apontam os resultados da previsão para suprimento (em vermelho) e os dados em azul representam os dados reais do sistema.

A tabela 3 apresentada abaixo, mostram detalhadamente os resultados da área de teste apresentada pela figura 7, mostrando que os erros entre o Real e o Previsto não ultrapassaram a casa de 0,2%.

Tabela 3- Comparação entre Real x Previsto com apresentação do erro

Semana	Real	Previsto	Erro
46	345	317	0,080
47	338	307	0,092
48	380	370	0,026
49	379	368	0,028
50	379	369	0,027
51	325	288	0,115
52	379	379	0,000

## 7. CONCLUSÃO

Neste estudo, um novo modelo de previsão para suporte a gestão de inventário é apresentado, baseado em RNAs recorrentes pois tem vantagens por ter maior precisão e robustez através de RNAs feedforward. Os resultados da previsão mostram que a implementação de tal modelo tende a minimizar as incertezas no que diz respeito ao ressuprimento do material "A", podendo ser estendido analogamente para qualquer tipo

de material. Logo, os custos relacionados ao gerenciamento de inventário também diminuem. A simulação dos dados como vista pode beneficiar também reduzindo os custos relacionados a colocação de pedido, os chamados "Ordering Costs", atua diretamente na redução de custos de inventário, os chamados "Carrying Costs".

Através da figura 7 também fica claro que o modelo de previsão testado aponta uma aderência grande a necessidade real do

material "A" no período relacionado, logo os custos relacionados a falta de material podem ser excluídos da análise gerencial.

Este modelo também traz muitos benefícios para os gestores auxiliando-os em suas

tomadas de decisão, a fim de diminuir os níveis de inventário ao ponto mínimo sem riscos de escassez de material, resultando em redução de custos relacionados ao inventário.

## REFERÊNCIAS

- [1] Silver, E. A., D. F. Pyke, R. Peterson. 1998. Inventory Management and Production Planning and Scheduling, John Wiley & Sons, New York.
- [2] Chaoting Xuan, Peiqing Huang and Dong Lu, Applications of Neural Network Technology in Supply Chain Management, Industrial Engineering and Management, No.3, pp. 41-44, 2000.
- [3] G.R. Wen and L.S. Qu, "Equipment Behavior Predictability Evaluation Based on Redundancy". Journal of Xi'an Jiaotong University, Vol 37, No.7, pp. 699-703, Jul. 2003.
- [4] Yanxiang He, Feng Li, Zhikai Song and Ge Zhang, "Neural Networks Technology for Inventory Management", Computer Engineering and Application, No.15, pp. 182-184, 2002.
- [5] FINE, Terrence L. Feedforward Neural Network Methodology, Statistics for Engineering and Information Science. Ed. Springer, 1999.
- [6] M.G. Ines and I. Pedro, Multi-step learning rule for recurrent neural models: an application to time series forecasting, Neural Processing Letters, pp. 115-133, 2001.
- [7] DOS SANTOS, E.P., VON ZUBEN, F.J. Efficient Second-Order Learning Algorithms for Discrete-Time Recurrent Neural Networks. in L.R. Medsker and L.C. Jain (eds.) Recurrent Neural Networks: Design and Applications, CRC Press, pp. 47-75, 2000.
- [8] C-H. Wang. "Some remarks on an optimal order quantity and reorder point when supply and demand are uncertain" Computers & Industrial Engineering, vol. 58, 2010.

# Capítulo 17

## DESIGN E METODOLOGIAS DE PROJETO DE PRODUTO PARA UMA PROPOSTA DE ABRIGO URBANO

*Layanne Ferreira dos Santos*

*Uberlany Freire Damascena*

*Juliana Donato Cantalice de Almeida*

**Resumo:** Esse estudo resultou do trabalho para disciplina Projeto de Produto III, intitulado “Abrigo Urbano: pedestres e ciclistas”, projeto desenvolvido a partir de pesquisas das necessidades e problemas cotidianos de pessoas que utilizam a mobília dos espaços urbanos. Para fomento do trabalho, foram realizadas pesquisas sobre mobiliários urbanos, metodologias projetuais, ferramentas do design e análises ergonômicas. Como resultado, utilizou-se de métodos centrados no usuário e de análises estruturais, funcionais, estéticas, entre outras que foram essenciais para atender os requisitos do projeto e seu desenvolvimento. Como resposta a tudo isso, foi projetado um abrigo urbano baseado nos conceitos de inovação, urbano e sustentabilidade, para atender pedestres e ciclistas que transitam no espaço urbano público o que possibilitou novas visões e expectativas sobre o espaço urbano público e o mobiliário urbano no Brasil.

**Palavras-chave:** mobiliário urbano; sustentabilidade; design thinking; inovação.

## 1. INTRODUÇÃO

o mobiliário urbano brasileiro encontra-se em obsolescência, o sistema que o rege faz com que a manutenção destes ocorra entre 10 e 25 anos, esse longo período faz com que os mobiliários das cidades brasileiras fiquem envelhecidos e muitas vezes não transmitem a percepção de identidade de um lugar, levando às pessoas a não se sentirem parte da cidade, o que causa o abandono e vandalismo. Diante desse cenário se faz necessário uma renovação destes, partindo das necessidades identificadas junto à população através da inovação aplicada à luz da união do design e da adequação ergonômica.

Pensar o espaço onde está inserido o mobiliário urbano é uma condição que diz respeito à valorização da cultura urbana de uma sociedade e a sustentabilidade do espaço público urbano. É preciso compreender que a mobília urbana tem um impacto social e ambiental, já que implica na relação produto-usuário-ambiente e na qualidade de vida urbana.

Nesse contexto, Cardoso (2012) argumenta,

O presente impasse ambiental nos obriga a adotar outro olhar para o artefato – como cultura material, ou seja: o vestígio daquilo que somos como coletividade humana. Os artefatos são expressão concreta do pensamento e do comportamento que nos regem. O conjunto de todos os artefatos que produzimos reflete o estado atual da nossa cultura. [...] Daí que mesmo as formas mais originais são fruto de linguagens existentes. Para compreender verdadeiramente os desafios a serem enfrentados por um pensamento projetivo renovado, é preciso entender que a vida do artefato tem duração muito longa. Toda forma tem raízes num passado imemorial, o do repertório, e abre-se para um horizonte ilimitado, o da linguagem materializada.

Assim o mobiliário configura e qualifica os espaços urbanos públicos. Observa-se que é necessário respeitar os diferentes valores de grupos sociais e o ambiente. De modo a inovar nos artefatos pensando na cultura de um povo e torná-los coerente com as questões de sustentabilidade, estabelecendo a relação produto - usuário - ambiente.

Falar em ambiente urbano e sustentabilidade, também implica em evidenciar o cenário de ciclovias no Brasil que vem se construindo a

partir da consciência do cidadão sobre o uso da bicicleta e os impactos ambientais e também os benefícios sociais, bem como o conceito de design universal elaborando um projeto de forma a respeitar as diferenças existentes entre as pessoas e a garantir a integração entre produto, ambiente e usuário para que seja concebidos como sistemas e não como partes isoladas. Para tanto a concepção do espaço urbanístico também deve fundamentar –se nos conceitos de acessibilidade, nas dicotomias entre espaço público e privado, bem como na interação a garantir a integração entre produto / ambiente e usuários para que sejam concebidos como sistemas e não como partes isoladas de forma a contribuir com o desenho de ambientes adequados ao usuário. Isso configura uma nova linguagem urbana no país.

Analisando todo esse contexto do mobiliário e espaços públicos no Brasil, é possível concluir a importância do designer como profissional capaz de ligar as pontes e simplificar a complexidade que envolve produto-ambiente-usuário. O designer é um projetista e agente de transformação social que desenvolve um produto, serviço ou linguagem visual pensando nas mudanças, impactos e melhorias que provocaram na sociedade.

Para que um projeto de design seja bem planejado, desenvolvido e executado é preciso que o designer utilize a metodologia adequada para alcançar as melhores soluções para os problemas detectados. A importância da escolha da metodologia a ser utilizada em um projeto está relacionada ao fato de compreender como os elementos e tarefas individuais do projeto formarão um todo. Uma das vantagens da utilização de métodos em um processo de design, é que ele permite que o progresso de um projeto seja controlado através de um cronograma geral, visando a otimização de cada etapa, garantindo que o projeto como um todo receba uma abordagem e grau de importância coerente e bem pensado. Assim ele fornece ferramentas para se alcançar um resultado. Há momentos que é preciso flexibilizar, não ficar submetido apenas à uma metodologia, isso faz com que o foco de um problema seja melhor trabalhado utilizando ferramentas ou métodos de outras metodologias disponíveis.

Compreendendo tudo isso, o projeto “Abrigo Urbano: pedestres e ciclistas” que deu origem ao presente artigo, consiste em um abrigo

para proteção contra sol e chuva, ponto de informação e bicicletário. O objetivo do projeto é desenvolver um artefato a partir da identificação - sob diversos aspectos da vida das pessoas que frequentam o espaço urbano - de problemas e necessidades latentes que ajudaram a desenvolver melhores soluções e gerar conhecimentos que possam ser integrados ao artefato. A pesquisa em questão procura mostrar cada etapa do uso dos métodos abordados. Para isso, se fez uso de métodos Löbach (2001) e ferramentas do *design thinking* de serviços de Scheneider e Stickdorn (2014). O projeto resultou em um artefato que busca o atendimento as necessidades de pedestres e ciclistas em coerência com a responsabilidade sócio ambiental, proporcionar uma experiência agradável, e estabelecer relações entre usuário e tecnologia. Observa-se que o design de objetos já não está mais restrito a forma, função, material e produção. Pode-se dizer que atualmente o design está focado na interação entre pessoas e tecnologia, e os produtos servem como plataformas para experiências, funcionalidade e ofertas de serviço. (BUCHANAN, 2001 *apud* MIENTTEN, 2014).

Logo, o conceito do projeto está pautado em três palavras-chaves: urbano, inovação e sustentabilidade. Além disso, deu-se enfoque nas medidas antropométricas e na ergonomia de concepção visto que as contribuições ergonômicas foram feitas desde o começo do projeto analisando as várias alternativas. O resultado visual deu-se por meio de *sketches* e *renders* 3D.

## 2. METODOLOGIA DE PESQUISA

Conforme citado anteriormente, foram utilizados métodos da metodologia de Löbach (2001) e ferramentas do *design thinking* de serviços Scheneider e Stickdorn (2014). O processo do projeto se fez pelas fases do design thinking de serviços: exploração, criação, reflexão e implementação. Apesar dessa estrutura geral, os processos de design são interativos em sua abordagem. Logo, as idas e voltas e também a simultaneidade das fases é comum e necessário. A pesquisa em questão procura mostrar cada etapa do uso dos métodos abordados.

Para Stickdorn (2014),

O design conceitual de um produto está focado na combinação de diversas perspectivas do design de produtos: uma visão de design centrada no usuário, uma variedade de pesquisas qualitativas e quantitativas e de abordagens de coleta de dados, além de técnicas de visualização, como esboços, geração de imagens e prototipagem.

A seguir é possível observar a descrição do desenvolvimento do projeto em cada fase do design thinking:

### 2.1 EXPLORAÇÃO

A exploração é o entendimento da situação, assim, o primeiro passo foi pesquisar e mapear as necessidades e os problemas enfrentados pelas pessoas nos espaços urbanos públicos e para comprovar essas necessidades e problemas aplicou - se um questionário que serviu como base para definir os requisitos projetuais. Após isso foram feitas as análises por meio dos métodos de Löbach (2001), ainda na fase de exploração. Nesta etapa os métodos usados são: análise estrutural, funcional, estética, simbólica e de mercado. Em suma essas análises nos permite conhecer mais sobre os materiais a serem usados e os materiais e estruturas existem utilizados nas mobílias urbanas no Brasil; a estética e a função simbólica do mobiliário urbano brasileiro, ou seja, a forma e como o seu significado muda com o tempo; a adequação ergonômica e características de uso; e também foi vista a tipologia de mobílias urbanas pelo mundo e como ela se caracteriza em cada continente.

### 2.2 REFLEXÃO 1

Após a pesquisa de exploração e análises fez-se uma reflexão sobre a coleta de dados, esta foi associada ao conceito da biomimética, que faz uso da natureza como exemplo e fonte de inspiração.

### 2.3 CRIAÇÃO

Após a fase de exploração e reflexão veio a fase de criação. É nesse momento onde ocorre a geração de alternativas, com esboços de ideias e também o desenvolvimento do conceito de design. Foram feitas sessões de *brainstorming* e prototipação física (*mock-ups*) em escala



reduzidas, para gerações de alternativa sempre avaliando e refinando as soluções encontradas. Foi nesse processo de criação que surgiu a alternativa de utiliza o conceito da biomimética. A biomimética aborda temáticas referentes à função, estética e sustentabilidade. O elemento da natureza escolhido foi o casulo, após análises de estrutura e estética de alternativas. O casulo é colocado como fonte de inspiração, principalmente pela sua função de proteção, além da estética do abrigo que também foi inspirada na forma do casulo. Para Löbach

(2001), a estética não diz respeito à beleza de um produto, mas a capacidade de sensibilizar pelo menos um dos sentidos humanos: a função estética é a relação entre um produto e um usuário, experimentada no processo de percepção. É o aspecto psicológico da percepção sensorial durante o uso (LOBACH, 1981). Isso também diz respeito as percepção de identidade e pertencimento do local por parte dos usuários, adaptando algo que é do habitat natural dos seres vivos com a inovação tecnológica contemporânea.

Figura 1 – Exemplos de casulos

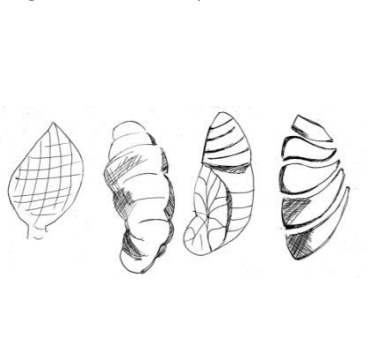


Figura 2 – Vista frontal



Figura 3– Abrigo, vegetação e bancos.



Fonte: elaborada pelas autoras

### 2.4 REFLEXÃO 2

Uma segunda reflexão é feita sobre o que foi desenvolvido para enfim escolher o modelo final mais adequado às ideias, conceitos, pesquisa e requisitos projetuais. Também foi nessa fase onde foram analisadas e definidas a configuração de detalhes, medidas técnicas e análise ergonômica do abrigo.

### 2.5 IMPLEMENTAÇÃO

A fase de implementação diz respeito à prototipação, esta foi limitada a prototipação básica para projetos desenvolvidos em disciplina. O abrigo urbano foi prototipado em renders 3d e sketches, além do detalhamento técnico que consiste nas medidas internas e externas do abrigo.

Figura 4 – Renders, exemplo de interação com pessoas parte interna



Fonte: elaborada pelas autoras



Figura 5– Renders, parte externa do abrigo



Fonte: elaborada pelas autoras

### 3. MATERIAIS PROPOSTOS

Os materiais propostos para o abrigo foram definidos de acordo com os critérios de sustentabilidade e inovação. O alumínio foi a matéria-prima predominante indicada para construção. O alumínio é um material que possui uma vida útil longa, o seu processo de produção utiliza energia renovável e é um material infinitamente reciclável (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO ALUMÍNIO, 2015). Tudo isso contribui para um baixo impacto ambiental e corrobora com os requisitos projetuais.

As colunas são o principal meio de sustentação do abrigo, elas são de liga de alumínio 3003 que foi escolhida por ser de alta resistência a corrosão, boa conformidade e moderada resistência mecânica, assim como as esquadrias, os vazados e os bancos que comportam as entradas USB

(Universal Serial Bus). Há bancos com lixeiras que são de madeira de reflorestamento, material que possui baixa condutividade térmica, o que se torna uma alternativa caso os bancos de liga de alumínio estejam esquentando acima do suportável.

O vidro de alumínio está presente na cobertura do abrigo e no ponto de informação. O alumínio encontra-se além dos bancos citados acima, no ponto de informação e no bicicletário. Além disso, foram utilizadas placas solares para gerar energia para iluminação e as entradas USB. Todo o abrigo é modular, facilitando a manutenção e diminuindo o impacto ambiental, por ser realocável e o tempo de instalação é menor, portanto diminui o impacto na área que vai ser instalado.

Figura 6 - Paleta de materiais



Fonte: elaborada pelas autoras

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que a metodologia de Lobach e as ferramentas do design thinking de serviços foi mais adequada para projeto e para alcançar os resultados esperados. O abrigo urbano pensado para pedestres e ciclistas, mas também adaptado para a acessibilidade, não limitando o tipo de público que poderá fazer uso do abrigo de forma satisfatória.

Ao projetar o abrigo urbano foi levado em consideração aspectos como o entorno, as

atividades do local, as condições climáticas, e os simbolismos locais, buscando-se atribuir ao mobiliário o valor que ele representa induzindo o uso correto do artefato projetado, evitando que o mesmo seja deteriorado ou mal utilizado pelos usuários. Dessa forma o abrigo urbano: pedestres e ciclistas, foi projetado para propiciar ao usuário o sentimento de segurança, bem-estar, conforto, prazer, desenvolvendo uma inter-relação entre os objetos e as possíveis atividades realizadas no local.

#### REFERÊNCIAS

- [1]. ABNT –ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9050: Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. Rio de Janeiro: ABNT, 2004
- [2]. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO ALUMÍNIO. Ligas de alumínio. Disponível em: <<http://www.abal.org.br/>>. Acesso em: 10 nov. 2015.
- [3]. CARDOSO, Rafael. Design para um mundo complexo.
- [4]. KAZAZIAN, Thierry. Haverá a idade das coisas leves. São Paulo, 2005
- [5]. LIDA, Itiro. Ergonomia: Projeto e Produção. São Paulo: Editora Edgard Blucher Ltda, 1990.
- [6]. LOBACH, Bernd. Design Industrial: Bases para a configuração dos produtos industriais. São Paulo: Editora Edgard Blucher, 2001.
- [7]. MORAES, Anamaria; MONT'ALVAO, Claudia. Ergonomia: conceitos e aplicações. 4. ed. Rio de Janeiro: 2AB, 2009.
- [8]. PANERO, Julius; ZELNIK, Martin. Dimensionamento humano para espaços interiores: um livro de consulta e referência para projetos. Barcelona: Gustavo Gili, 2003.
- [9]. SCHENEIDER, Jakob; STICKDORN, Marc. Isto é design thinking de serviços. Tradução: Mariana Bandarra. Porto Alegre: Bookman, 2014.

# Capítulo 18

## AVALIAÇÃO DE CONFIABILIDADE ATRAVÉS DE SIMULAÇÕES BASEADAS EM TEORIA DE FILAS

*André Luiz Alves*

*Agamenon Lima do Vale*

*Maria José Pereira Dantas*

*Clarimar José Coelho*

**Resumo:** O objetivo deste estudo é avaliar a confiabilidade de uma linha de produção em série de uma indústria sucroalcooleira. Aplicam-se os métodos analíticos e de simulação computacional baseados em teorias de filas. A análise é feita a partir de dados de falhas e consequentes reparos registrados durante o período de processamento de uma safra. Após a aplicação de três modos diferentes de cálculo da confiabilidade, os resultados obtidos para cada componente e para o sistema em série como um todo são comparados. Os resultados permitem concluir que o método de simulação computacional pode ser usado quando não existe conhecimento do método analítico. É possível concluir que a simulação computacional é vantajosa para o estudo da confiabilidade da linha de produção em estudo.

## 1. INTRODUÇÃO

A confiabilidade é uma importante dimensão da qualidade e sua aplicação garante a produção de produtos, serviços e qualidade de vida cada vez maior. Diretamente relacionada à confiança que um produto, equipamento ou sistema não apresentem falhas. Confiabilidade é a probabilidade de que um componente ou sistema, funcionando dentro dos limites especificados de projeto, não falhe durante o seu ciclo de vida [Costa *et al.* 2014]. Desperdícios associados a baixo desempenho ou decorrentes de paradas por quebra ou falha não são admitidos para equipamentos cujos investimentos foram altos [Kardec e Nascif 2001]. A manutenção de um sistema de produção que evite tais desperdícios é de extrema importância para a sobrevivência das organizações [Gregol e Andrade 2014].

Este trabalho aborda a questão da confiabilidade de uma linha de produção de uma indústria sucroalcooleira, em um sistema em série composto por quatro componentes sujeitos a falhas. Fundamentado na teoria de filas [Law 2007] e seus mecanismos [Chwif *et al.* 2007], o objetivo principal é analisar a confiabilidade de produção da indústria. A identificação de gargalos é feita com o método analítico e simulação computacional como um problema de filas. A comparação dos resultados obtidos com os métodos

analítico e de simulação computacional permite concluir que a simulação computacional é adequada para avaliar a confiabilidade de sistemas com estas características.

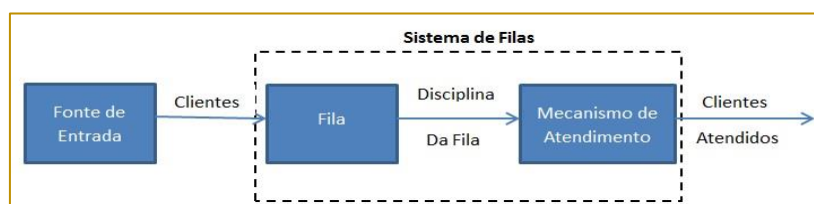
Este artigo está dividido em 5 seções. A seção 2 apresenta em materiais e métodos a revisão bibliográfica da teoria de filas e confiabilidade. A seção 3 apresenta o método proposto. Em seguida, a seção 4 apresenta resultados e discussões, com a apresentação da confrontação dos modos propostos para análise. Por fim, a seção 5 apresenta as conclusões e continuidade.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 TEORIA DE FILAS

Um sistema de filas é uma estrutura que consiste de um ou mais servidores que proveem serviços para certa quantidade de clientes que chegam ao sistema. O *sistema* se refere ao sistema real que será analisado. O *servidor* se refere a quem atende ao cliente, e o *cliente* se refere ao que será processado pelo servidor [Law, 2007]. Um modelo conceitual da fila está representado na Figura 1. Um modelo analítico correspondente permite reduzir as variáveis reais para uma quantidade de variáveis gerais que a explicam com grande precisão.

Figura 1: Representação do Sistema de Filas



Fonte: Elaborado pelos autores

Três componentes caracterizam um sistema de filas: *processo de chegada*, *mecanismo de serviço* e *disciplina da fila* [Chwif *et al.* 2007].

O *processo de chegada* consiste na descrição da forma como os clientes chegam ao sistema. Denotando-se por  $a_i$  o termo do  $i$ -ésimo cliente que chega à fila, formando um conjunto de variáveis aleatórias independentes e identicamente distribuídas (IID), pode-se, então, obter o *valor esperado* ( $t_a$ ) do tempo entre as chegadas dos clientes no sistema. Chwif, Medina e Law (2007) definem  $\lambda$  como a *taxa de chegada* de

clientes por unidade de tempo no sistema de filas, dada por  $\lambda = 1/t_a$ .

O *mecanismo de serviço* informa a duração do atendimento do cliente pelo servidor. Sendo  $s_i$  o  $i$ -ésimo cliente sendo atendimento pelo servidor,  $\{s_i\}$  forma um conjunto de variáveis aleatórias IID. Dessa forma,  $t_s$  representa o *tempo médio de serviço* e  $\mu = 1/t_s$  é chamado de *taxa de atendimento* de clientes por unidade de tempo [Chwif *et al.* 2007].

A *disciplina da fila* refere-se às regras pelas quais o servidor escolhe o próximo cliente. A

notação de Kendall-Lee [Chwif e Medina 2010] para a caracterização de filas facilita sua compreensão. A notação é  $(a/b/c/d/e/f)$ , onde  $a$  representa o processo de chegada dos clientes aos postos de serviço,  $b$  indica o mecanismo de serviço,  $c$  fornece o número de servidores,  $d$  mostra a capacidade total do sistema,  $e$  especifica o tamanho da população de onde os clientes vêm e  $f$  é a disciplina de atendimento dos clientes na fila.

Se a capacidade total do sistema ( $d$ ) e o tamanho da população de onde os clientes vêm ( $e$ ) forem infinitos e se a disciplina de atendimento dos clientes for FIFO (*First In, First Out*), ou seja, o primeiro a chegar é o primeiro a sair do sistema, a notação de Kendall-Lee pode ser simplificada para  $a/b/c$ . A Tabela 1 apresenta as definições formuladas para a fila em questão.

Tabela 1: Fórmulas do Sistema de Filas

Taxa de chegada de clientes por no sistema:	$\lambda = 1 / t_a$	(1)
Taxa de atendimento de clientes por unidade de tempo:	$\mu = 1 / t_s$	(2)
Utilização média de atendimento:	$\rho = \lambda / \mu$	(3)
Probabilidade de a fila estar vazia:	$P_0 = 1 - \rho$	(4)
Número médio de clientes no sistema:	$L = \lambda / (\mu - \lambda)$	(5)
Número médio de clientes na fila de espera:	$Lq = \lambda^2 / \mu (\mu - \lambda)$	(6)
Tempo médio no sistema:	$W = 1 / (\mu - \lambda)$	(7)
Tempo médio na fila:	$Wq = \lambda / \mu (\mu - \lambda)$	(8)

Fonte: Elaborado pelos autores

## 2.2 CONFIABILIDADE

As definições de confiabilidade dizem respeito à probabilidade de sobrevivência de um determinado sistema em um tempo  $t$  estimado. Gregol e Andrade (2014) recomendam utilizar a modelagem dos tempos até a falha dos equipamentos que compõem o sistema a fim de se definir tal probabilidade. Tais tempos podem ser representados pelo intervalo de tempo em que o sistema é colocado em operação até ocorrência da falha funcional.

A norma 5462 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) define que a confiabilidade é a capacidade de um item desempenhar uma função requerida sob condições especificadas, durante um dado intervalo de tempo [ABNT 1994].

Shuina *et al.* (2014) estabelece que a confiabilidade de um sistema corresponde a sua probabilidade de desempenhar adequadamente o seu propósito especificado, por um determinado período de tempo e sob condições ambientais predeterminadas.

Para Elsayed [Elsayed 1996] confiabilidade é definida como a probabilidade de um produto ou serviço exercer sua função sem falhas, por um período de tempo previsto, sob condições de operação especificadas no projeto.

Freitas e Colosimo (1997) definem confiabilidade como sendo a probabilidade de um item desempenhar satisfatoriamente a função requerida, sob condições de operação estabelecidas, por um período de tempo predeterminado.

Pallarosi (2007) afirma que a confiabilidade pode ser definida como a probabilidade de que um componente ou sistema esteja funcionando dentro dos limites requeridos, ou seja, que não falhe durante o período de tempo previsto para sua vida, considerando as condições de projeto.

Guimarães *et al.* (2014) estabelece que a análise de confiabilidade tem início na pesquisa do produto, prossegue na elaboração do projeto, continua na fabricação do produto e é fortalecido pela utilização do produto pelos clientes. Também afirma que:



"As distribuições de probabilidade contínuas mais comuns aplicadas à modelagem de confiabilidade são exponencial, Weibull, e lognormal. A distribuição de Weibull é considerada uma das distribuições mais importantes nos estudos de confiabilidade devido à sua flexibilidade e capacidade de representar taxas de falhas com comportamentos diferentes. A taxa de falhas é definida através da função densidade de probabilidade e da função confiabilidade."

Estatisticamente os testes de aderência (mínimos quadrados e máxima verossimilhança) ajudam a escolher a melhor distribuição de probabilidade que descreverá a confiabilidade de um conjunto de dados. A distribuição de Weibull é a mais indicada, pois ela modela adequadamente grande variedade de situações em que componentes apresentam taxa de falhas crescentes, decrescentes ou constantes [Guimarães *et al.* 2014]. A distribuição Weibull é representada na fórmula:

$$f(t) = \frac{\alpha}{\eta^\alpha} (t - \beta)^{\alpha-1} e^{-\left(\frac{t-\beta}{\eta}\right)^\alpha}$$

onde  $\alpha$  é o parâmetro de forma ou de inclinação,  $\beta$  é o parâmetro de localização ou de vida média e  $\eta$  é o parâmetro de escala ou da vida característica.

São consideradas neste trabalho as seguintes definições clássicas (Kardec e Nascif, 2001):

- *Mean Time Between Fail* (MTBF) ou Tempo Médio Entre Falhas: soma dos tempos disponíveis para produção pelo número de paradas do equipamento;
- *Mean Time to Repair* (MTTR) ou Tempo Médio Para Reparo: soma dos tempos em que o equipamento está em manutenção pelo número total de paradas;
- Disponibilidade Física (DF): tempo total que o equipamento esteve disponível para operação em relação ao total de horas (paradas ou não) e mostra a eficiência da manutenção. Este conceito é o mesmo que confiabilidade.

A taxa de disponibilidade física, ou simplesmente disponibilidade, está relacionada com o tempo médio entre falhas e o tempo médio até o reparo, como é indicado na fórmula (9). Ela indica a probabilidade de que um equipamento esteja disponível no momento em que for requisitado para operar. A disponibilidade aumenta quando aumenta o intervalo entre falhas e aumenta quando diminui o tempo até o reparo [Guimarães *et al.* 2014].

Disponibilidade Física ou Disponibilidade:

$$DF = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \quad (9)$$

Segundo Fogliatto e Ribeiro (2009), em sistemas em série todos os componentes devem estar operacionais para que o sistema funcione, implicando numa total dependência entre eles, significando que a confiabilidade do sistema é menor que a confiabilidade de seu melhor componente e é calculada pela fórmula:

Disponibilidade do Sistema em Série:

$$D_{\text{série}} = D_1 \times D_2 \times D_3 \times D_4 \dots \quad (10)$$

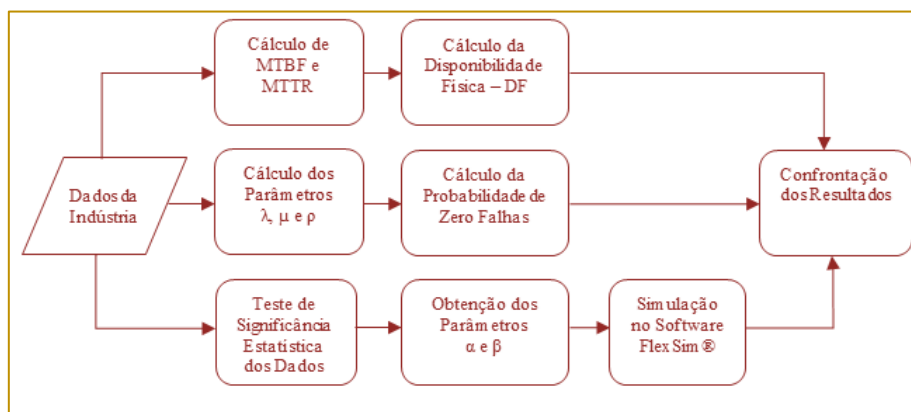
### 3. MÉTODO PROPOSTO

O presente trabalho foi desenvolvido de três modos diferentes: no Modo 1 com a aplicação do método analítico para obtenção da confiabilidade através da aplicação direta da fórmula (9) sobre os dados originais fornecidos pela indústria; no Modo 2 com aplicação do método analítico para obtenção da confiabilidade através da aplicação das fórmulas (1) a (8) baseadas na teoria de filas; e no Modo 3 com aplicação do método da simulação computacional, com a utilização do software FlexSim<sup>®</sup>. Ao final realizou-se a confrontação dos resultados.

A Figura 2 ilustra a metodologia adotada.



Figura 2: Passos da Metodologia



Fonte: Elaborado pelos autores

Modelagem e simulação em estudos de confiabilidade têm sido adotadas em diversos trabalhos relacionados à Engenharia de Produção [Costa *et al.* 2014; Guimarães *et al.* 2014; Pedrosa *et al.* 2014; Schwina *et al.* 2014]. A natureza desta pesquisa caracteriza-se como axiomática quantitativa descritiva [Bertrand e Fransoo 2002], pois se busca obter soluções dentro do contexto de um modelo definido e produzir conhecimento sobre o comportamento de algumas de suas variáveis, baseado em suposições sobre o comportamento de outras variáveis do modelo. Trata-se de um modelo experimental de simulação o qual procura emular por meio de relações lógicas o funcionamento de determinado sistema [Miguel 2012].

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os dados utilizados nesta pesquisa são oriundos de uma linha de produção de uma indústria sucroalcooleira, compreendida por

quatro componentes denominados Recepção e Preparo, Extração por Difusão, Extração por Moenda 1 e Extração por Moenda 2. Esta linha responde por 50% do processamento da matéria prima (cana-de-açúcar), em regime contínuo, 24 horas por dia, durante 8 meses da safra, com capacidade para processar 12.000 toneladas de cana por dia. Qualquer falha apresentada em um dos componentes significa uma parada de produção, ou seja, por se tratar de uma linha em série, qualquer falha para toda a linha.

Os dados de paradas por falhas e respectivos reparos foram registrados pela indústria em relatórios diários, contendo as informações: componente, tipo de falha, motivo e tempo de duração em horas. Foram coletados dados das falhas e reparos da linha de produção de 30/06/2014 (início da safra) a 03/12/2014 (término da safra).

A figura 3 ilustra de forma esquemática a linha de produção em foco.

Figura 3: Representação da linha de produção.



Fonte: Elaborado pelos autores

Como pré-requisito para o desenvolvimento dos três modos definidos para a realização deste trabalho, foram calculados os tempos médios entre falhas (MTBF) e dos tempos

médios para reparos (MTTR) de cada um dos componentes do sistema, realizados sobre os dados fornecidos pela indústria. Tais tempos médios estão mostrados na Tabela 2.

Tabela 2: Tempos médios obtidos a partir dos dados originais (em horas).

Componente	MTBF	MTTR
Recepção e Preparo	319,94	0,87
Extração por Difusão	85,8	2,66
Extração por Moenda 1	124,96	0,48
Extração por Moenda 2	42,99	0,48

Fonte: Elaborado pelos autores

#### 4.1 MÉTODO ANALÍTICO – MODO 1

A aplicação do método analítico para obtenção da confiabilidade através da

aplicação direta da fórmula (9) sobre os valores obtidos acima evidenciou os resultados apresentados na Tabela 3.

Tabela 3: Disponibilidade calculada Modo 1.

Componente	Disponibilidade Física DF
Recepção e Preparo	0,997
Extração por Difusão	0,970
Extração por Moenda 1	0,996
Extração por Moenda 2	0,989

Fonte: Elaborado pelos autores

#### 4.2 MÉTODO ANALÍTICO – MODO 2

A Tabela 4 redefine as fórmulas da Tabela 1 fazendo a correspondência conceitual entre

as características de um sistema de filas e as características do caso em estudo.

Tabela 4: Fórmulas do Sistema de Filas aplicadas ao caso em estudo.

Taxa de ocorrência de falhas:	$\lambda = 1 / \text{MTBF}$	(1)
Taxa de ocorrência de reparos:	$\mu = 1 / \text{MTTR}$	(2)
Utilização média de manutenção:	$\rho = \lambda / \mu$	(3)
Probabilidade de 0 falhas no sistema:	$P_0 = 1 - \rho$	(4)
Número médio de falhas no sistema:	$L = \lambda / (\mu - \lambda)$	(5)
Número médio de falhas aguardando reparo:	$Lq = \lambda^2 / \mu (\mu - \lambda)$	(6)
Tempo médio consumido no reparo:	$W = 1 / (\mu - \lambda)$	(7)
Tempo médio de espera para reparo:	$Wq = \lambda / \mu (\mu - \lambda)$	(8)

Fonte: Elaborado pelos autores

Aplicação do método analítico para obtenção da confiabilidade através da aplicação das fórmulas (1) a (8) baseadas na teoria de filas redefinidas resultou nos valores apresentados na Tabela 5. Observe-se que a Probabilidade

de **zero** falhas no sistema ( $P_0$ ), obtida a partir da taxa de utilização média de manutenção, corresponde à disponibilidade do componente.

Tabela 5: Disponibilidade calculada Modo 2.

Parâmetro	Fórmula	Recepção e Preparo	Extração por Difusão	Extração por Moenda 1	Extração por Moenda 2
Taxa de ocorrência de falhas	$\lambda = \frac{1}{MTBF}$	0,0034	0,0083	0,0092	0,0225
Taxa de ocorrência de reparos	$\mu = \frac{1}{MTTR}$	1,2658	0,2937	2,0768	2,0833
Utilização média de manutenção	$\rho = \frac{\lambda}{\mu}$	0,0027	0,0283	0,0044	0,0108
Probabilidade de 0 falhas no sistema	$P_0 = 1 - \rho$	0,9973	0,9717	0,9956	0,9892
Número de falhas no sistema	$L = \frac{\lambda}{\mu - \lambda}$	0,0027	0,0291	0,0045	0,0109
Número médio de falhas aguardando reparo	$L_q = \frac{\lambda^2}{\mu * (\mu - \lambda)}$	0,0000	0,0008	0,0000	0,0001
Tempo gasto no reparo	$W = \frac{1}{\mu - \lambda}$	0,7921	3,5041	0,4837	0,4852
Tempo de espera para reparo	$W_q = \frac{\lambda}{\mu * (\mu - \lambda)}$	0,0022	0,0992	0,0021	0,0052

Fonte: Elaborado pelos autores

### 4.3 SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL: MODO 3

A simulação do modelo proposto foi realizada no software FlexSim® versão 7.5.4. Antes de realizar a simulação os dados foram submetidos a testes de significância estatística. Para a verificação da aderência dos dados utilizou-se os testes não paramétricos de Anderson-Darling e Kolmogorov-Smirnov, disponíveis o pacote ExpertFit® do FlexSim®.

A execução deste recurso do software assegurou a qualidade dos dados e sua aderência aos testes de significância estatística, indicando sua não rejeição.

A distribuição Weibull foi adotada por ser indicada na modelagem de tempo entre falhas de equipamentos [Montgomery 2004]. A distribuição exponencial é um caso particular da distribuição de Weibull, onde os tempos entre as falhas do equipamento e os tempos de reparo são tempos aleatórios. As Figuras 4 e 5 apresentam os resultados dos testes de aderência bem como os valores de forma ( $\alpha$ ) e escala ( $\beta$ ) obtidos com a modelagem Weibull, para o Tempo até as falhas e para o Tempo para reparos respectivamente.

Figura 4: Modelagem Weibull – Tempos até as falhas.

Tempo até as Falhas					
Recepção e Preparo	MTBF:	319,94	<b>Model and Data Comparisons</b> Selected Model: 9 - Weibull Evaluation of the Selected Model: Good	Anderson-Darling Test with Model 9 - Weibull	Kolmogorov-Smirnov Test with Model 9 - Weibull
	Forma $\alpha$ :	0,773694		Sample size 11 Test statistic 0.24220 Reject? No	Sample size 11 Normal test statistic 0.14482 Modified test statistic 0.48032 Reject? No
	Escala $\beta$ :	279,999823			
Extração por Difusão	MTBF:	85,8	<b>Model and Data Comparisons</b> Selected Model: 3 - Weibull Evaluation of the Selected Model: Good	Anderson-Darling Test with Model 3 - Weibull	Kolmogorov-Smirnov Test with Model 3 - Weibull
	Forma $\alpha$ :	0,362642		Sample size 40 Test statistic 0.60349 Reject? No	Sample size 40 Normal test statistic 0.10480 Modified test statistic 0.66280 Reject? No
	Escala $\beta$ :	26,690778			
Extração por Moenda 1	MTBF:	124,96	<b>Model and Data Comparisons</b> Selected Model: 2 - Weibull Evaluation of the Selected Model: Good	Anderson-Darling Test with Model 2 - Weibull	Kolmogorov-Smirnov Test with Model 2 - Weibull
	Forma $\alpha$ :	0,517261		Sample size 23 Test statistic 0.35269 Reject? No	Sample size 23 Normal test statistic 0.13215 Modified test statistic 0.63375 Reject? No
	Escala $\beta$ :	60,967596			
Extração por Moenda 2	MTBF:	42,99	<b>Model and Data Comparisons</b> Selected Model: 2 - Weibull Evaluation of the Selected Model: Good	Anderson-Darling Test with Model 2 - Weibull	Kolmogorov-Smirnov Test with Model 2 - Weibull
	Forma $\alpha$ :	0,563351		Sample size 79 Test statistic 0.40206 Reject? No	Sample size 79 Normal test statistic 0.06463 Modified test statistic 0.57441 Reject? No
	Escala $\beta$ :	26,632762			

Fonte: Elaborado pelos autores com ExpertFit®

Figura 5: Modelagem Weibull – Tempos para reparos.

Tempo para Reparos					
Recepção e Preparo	MTTR:	0,87	<b>Model and Data Comparisons</b> Selected Model: 3 - Weibull Evaluation of the Selected Model: Good	Anderson-Darling Test with Model 2 - Weibull	Kolmogorov-Smirnov Test with Model 3 - Weibull
	Forma $\alpha$ :	1,203515		Sample size 79 Test statistic 0.40206 Reject? No	Sample size 11 Normal test statistic 0.11074 Modified test statistic 0.36728 Reject? No
	Escala $\beta$ :	0,91893			
Extração por Difusão	MTTR:	2,66	<b>Model and Data Comparisons</b> Selected Model: 6 - Weibull Evaluation of the Selected Model: Good	Anderson-Darling Test with Model 6 - Weibull	Kolmogorov-Smirnov Test with Model 6 - Weibull
	Forma $\alpha$ :	0,511967		Sample size 40 Test statistic 0.84861 Reject? No	Sample size 40 Normal test statistic 0.12623 Modified test statistic 0.79835 Reject? No
	Escala $\beta$ :	1,474338			
Extração por Moenda 1	MTTR:	0,48	<b>Use a Specified Distribution (Model)</b> Selected Model: 10 - Weibull Evaluation of the Selected Model: Good	Anderson-Darling Test with Model 10 - Weibull	Kolmogorov-Smirnov Test with Model 10 - Weibull
	Forma $\alpha$ :	0,95596		Sample size 23 Test statistic 0.38122 Reject? No	Sample size 23 Normal test statistic 0.10060 Modified test statistic 0.48247
	Escala $\beta$ :	0,4702			
Extração por Moenda 1	MTTR:	0,48	Nenhuma distribuição foi indicada para representar estes dados		
	Forma $\alpha$ :	-			
	Escala $\beta$ :	-			

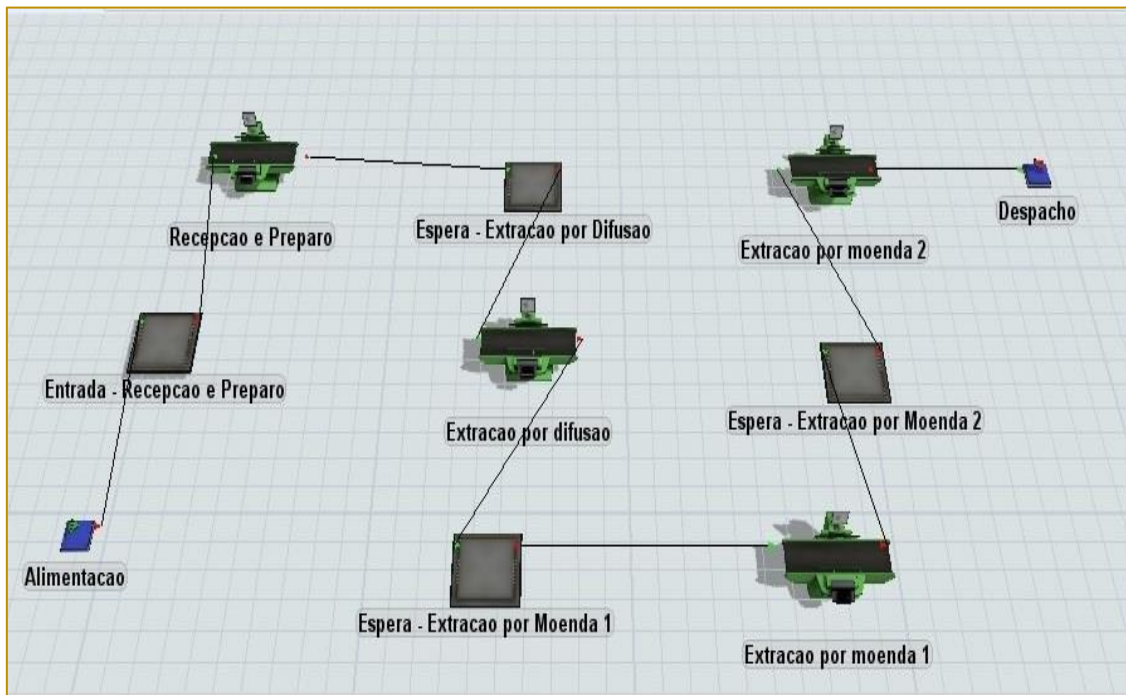
Fonte: Elaborado pelos autores com ExpertFit®

Para a construção do modelo de simulação, representado na Figura 6, foram estabelecidas as seguintes unidades de medidas nas configurações iniciais:

- Taxa de chegada da matéria prima: toneladas por hora (t/h);

- Tempo Médio Entre Falhas: horas (h);
- Tempo Médio Para Reparos: horas (h).

Figura 6: Modelo de simulação.



Fonte: Elaborado pelos autores com uso do software FlexSim®

Neste modelo, Alimentação representa a fonte de ocorrência de falhas, que aguardam na Entrada – Recepção e Preparo para serem reparadas no processador Recepção e Preparo. O mesmo raciocínio se repete para os demais componentes do sistema em série que representa a linha de produção.

O simulador foi configurado para trabalhar em horas (time units) e em toneladas (fluid units).

Cada componente processor do modelo foi configurado para trabalhar com a distribuição de Weibull, com parâmetros de forma ( $\alpha$ ) e escala ( $\beta$ ) como indica a Figura 7a. Para configurar esse parâmetro, acessou-se a janela de propriedades do processor Recepção e Preparo, na aba breakdowns, foi adicionado um campo intitulado MTBFMTR1, como indicado na 7b.

Figura 7a: Parâmetros da distribuição Weibull para o componente Recepção e Preparo.

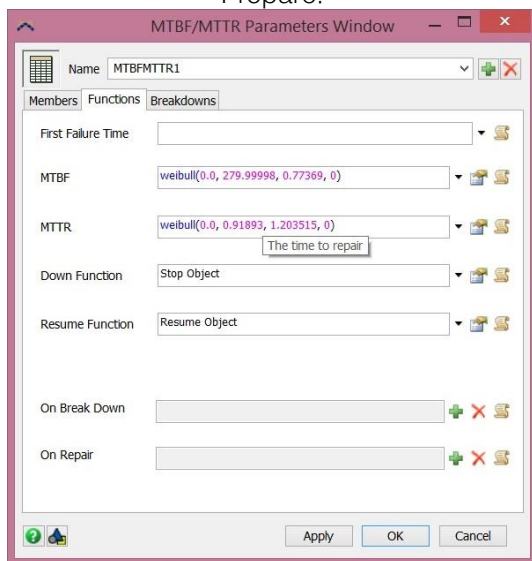
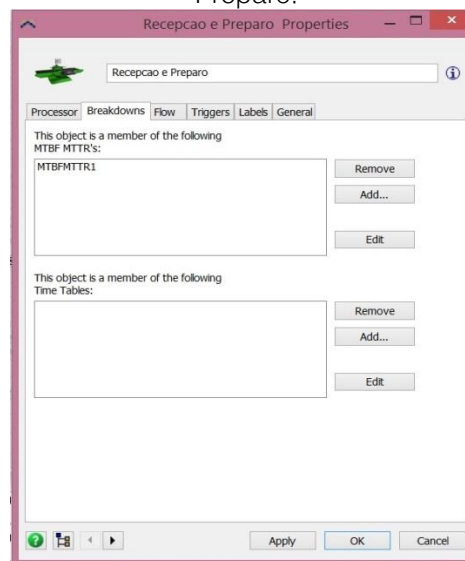


Figura 7b: Aba *breakdowns* da janela de propriedades do processor Recepção e Preparo.



Fonte: Elaborado pelos autores com uso do software FlexSim®

Ao final da execução da simulação o resultado foi apresentado pelo componente

*State Analysis*, conforme visualizado na Figura 8.

Figura 8 - Resultado da simulação.

State Analysis				
	Total	idle	processing	breakdown
<b>Recepcao e Preparo</b>	100.0%	0.1%	99.6%	0.3%
<b>Extracao por difusao</b>	100.0%	13.2%	83.8%	3.0%
<b>Extracao por moenda 1</b>	100.0%	28.9%	70.5%	0.5%
<b>Extracao por moenda 2</b>	100.0%	41.7%	57.6%	0.7%

Fonte: Elaborado pelos autores com uso do software FlexSim®

#### 4.4 CONFRONTAÇÃO DE RESULTADOS

Para confrontação final foi necessário um tratamento nos resultados fornecidos pelo método da simulação computacional (Modo 3): a partir das taxas de quebra (*breakdown*) apresentadas em percentuais, calculou-se a disponibilidade, ou seja,  $1 - \text{breakdown} / 100$ .

A tabela 5 apresenta os valores calculados de acordo com os três modos propostos, ressaltando na última linha as disponibilidades do sistema em série dada por cada Modo, calculados a partir da aplicação da fórmula (10).

Tabela 5: Comparativo das Disponibilidades calculadas por Modo.

Componente	Modo 1 Analítico	Modo 2 Analítico	Modo 3 Simulação
Recepção e Preparo	0,997	0,9973	0,997
Extração por Difusão	0,970	0,9717	0,970
Extração por Moenda 1	0,996	0,9956	0,995
Extração por Moenda 2	0,989	0,9892	0,993
Sistema em Série	0,953	0,954	0,956

Fonte: Elaborado pelos autores

Observa-se que os valores obtidos por cada um dos modos, para cada componente, são

compatíveis assim como os resultados obtidos para o sistema em série.



## 5. CONCLUSÕES E CONTINUIDADE

Este trabalho abordou o problema da confiabilidade de uma linha de produção em série de uma indústria sucroalcooleira, composto por quatro componentes, sob a perspectiva da teoria de filas. Foram aplicados os métodos analíticos e da simulação computacional.

Os resultados obtidos pelos três modos utilizados na pesquisa se mostraram bem próximos, para todos os componentes da linha de produção e, conseqüentemente, para o sistema em série.

Os resultados permitem concluir que o método de simulação computacional pode ser usado quando não existe conhecimento do método analítico. É possível concluir que a simulação computacional é vantajosa para o estudo da confiabilidade da linha de produção em estudo.

Este fato é de grande relevância, pois permite que sistemas de linhas de produção com as características de filas como as tratadas nesta pesquisa, possam ser avaliadas quanto à sua confiabilidade mesmo que não se tenha conhecimento ou total domínio do método analítico.

Este aspecto nos motiva a continuar nesta linha de trabalho no sentido de experimentar a aplicação deste método de comparação em sistemas produtivos com características de filas que apresentem maior complexidade.

**Agradecimentos:** À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás (Fapeg) pela aquisição do software de simulação e capacitação através do laboratório de Estatística e Modelagem Matemática da PUC Goiás, criado com apoio de recursos de pesquisa.

## REFERÊNCIAS

- [1] ABNT. (1994). {NBR} 5462 Confiabilidade e Manutenibilidade. Rio de Janeiro, Nov.
- [2] Bertrand, J. W. M. e Fransoo, J. C. (2002). Operations Management research methodologies using quantitative modeling. *Internacional Journal of Operation & Production Management*, 22:241–264.
- [3] Chwif, L. e Medina, A. C. (2010). Modelagem e Simulação de Eventos Discretos. 3. ed. Editor do Autor, São Paulo.
- [4] Chwif, L., Medina, A. C. e Law, A. M. (2007). Modelagem e Simulação de Eventos Discretos. 3. ed. McGraw-Hill, São Paulo.
- [5] Costa, L. B. da, Silva, A. P. da, Carvalho, A. L. e Campos, F. G. B. (2014). Confiabilidade de uma Frota de Empilhadeiras: um estudo de caso em uma empresa do setor elétrico. In *Anais do XXXIV Encontro Nacional de Engenharia de Produção*.
- [6] Elsayed, E. A. (1996). Reability Engineering. Addison Wesley, Massachusetts.
- [7] Fogliatto, F. S. e Ribeiro, J. L. D. (2009). Confiabilidade e Manutenção Industrial. Elsevier, Rio de Janeiro.
- [8] Freitas, M. e Colosimo, E. A. (1997). Confiabilidade: análise de tempo de falha e

testes de vida acelerados. Fundação Cristiano Ottoni: UFMG, Belo Horizonte.

- [9] Gregol, L. B. e Andrade, J. J. de O. (2014). Análise de Falhas como Subsídio para o Estabelecimento de Procedimentos de Manutenção Produtiva Total (MPT): estudo de caso em máquina gargalo na fabricação de latas de alumínio. In *Anais do XXXIV Encontro Nacional de Engenharia de Produção*.
- [10] Guimarães, M. P., Coelho, M. F. de O., Carvalho, A. L. e Portes P. N. B. (2014). Análise de Disponibilidade de um Sistema de Trem de Pouso: um estudo de caso aplicado em uma companhia aérea brasileira. In *Anais do XXXIV Encontro Nacional de Engenharia de Produção*.
- [11] Kardec, A. e Nascif, J. (2001). Manutenção: função estratégica. Qualitymark, Rio de Janeiro.
- [12] Law, A. M. (2007). Simulation Modeling and Analysis. 4. ed. McGraw-Hill, New York.
- [13] Miguel, P. A. C. (2012). Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações. 2. ed. Elsevier, Rio de Janeiro.
- [14] Montgomery, D. C. (2004). Introdução ao controle estatístico da qualidade. 4<sup>a</sup> ed. LTC, Rio de Janeiro.

[15] Pallerosi, C. A. (2007). Principais Vantagens, Desvantagens Limitações das Atuais Distribuições Estatísticas em Confiabilidade. In Anais do 5o Simpósio Internacional de Confiabilidade (SIC). Belo Horizonte.

[16] Pedrosa, B. M., Rodrigues, M. D. e Araújo, D. E. L. (2014). Aplicação do Seis Sigmas e da Manutenção Centrada em Confiabilidade no Setor de Manutenção de uma Empresa Mineradora de Minas Gerais. In

Anais do XXXIV Encontro Nacional de Engenharia de Produção.

[17] Schuina, P. A. V., Izidoro, F. S., Roriz, J. P. G., Schuina R. D., Lopes, C. B. (2014). Aplicação da Manutenção Centrada em Confiabilidade para Desenvolvimento de um Plano de Manutenção para Sensores de Nível Ótico (overfill) em uma Transportadora de Combustíveis. In Anais do XXXIV Encontro Nacional de Engenharia de Produção.

# Capítulo 19

## *PROPOSTA DE UM JOGO DE EMPRESA, UTILIZANDO OS CONCEITOS DE DESENVOLVIMENTO E PROJETO DE PRODUTO*

*Joice Maria Alves dos Anjos*

*Robson Rodrigues*

*Carlos Eduardo Francischetti*

*Ivan Correr*

**Resumo:** Atualmente, as instituições de ensino estão em busca de novas estratégias para auxiliar na formação dos alunos. No que diz respeito aos cursos de graduação, em especial aos cursos de administração e engenharia de produção, existe uma busca de metodologias que permitam a simulação de ambientes produtivos. Uma destas metodologias são os jogos de empresas que proporcionam um ambiente prático e dinâmico, em um aprendizado mais ativo, fazendo com que os alunos possam vivenciar a realidade de empresas dentro da sala de aula. Portanto, a pesquisa atual apresenta uma proposta de um jogo de empresa para desenvolvimento e projeto do produto, aplicando os conceitos de explosão, diagrama de montagem, estrutura analítica e lista de material (“BOM” — *Bill Of Material*), de forma que auxilie na aprendizagem dos alunos na disciplina de administração da produção dos cursos de engenharia de produção e administração. O jogo proposto foi dividido em 3 etapas: Apresentação dos conceitos teóricos do desenvolvimento do projeto do produto; Elaboração da documentação (atividade extraclasse); e Aplicação da dinâmica em sala. Os resultados obtidos apresentam que o jogo proposto auxilia na aprendizagem prática dos conceitos relacionados ao desenvolvimento e projeto de produto, e no envolvimento dos alunos, tendo em vista a criação de um ambiente cooperativo e de sinergia durante o desenvolvimento do projeto.

**Palavras-chave:** Jogos de empresa; Administração da Produção; Projeto de Produto.

## 1. INTRODUÇÃO

Os jogos de empresas podem ser incluídos no aprendizado de alunos dos mais diversos cursos, das mais variadas instituições de ensino, de modo a proporcionar um ambiente prático e dinâmico, em um aprendizado mais ativo, fazendo com que os discentes possam vivenciar a realidade de empresas dentro da própria universidade (GRAMIGNA, 1993).

Gramigna (2010) defende a inserção de jogos de empresas na formação dos alunos devido ao favorecimento da compreensão de conceitos, estimulando o comportamento atitudinal, possibilitando ainda que os alunos aprimorem habilidades interpessoais, permitindo também a comparação com a realidade das empresas na mensuração de resultados, dando ampliação na ação criativa, motivando o trabalho e comprometimento com toda a equipe, auxiliando na coerência das tomadas de decisões, prevendo ainda as mudanças comportamentais que favorecem o desempenho profissional dos participantes.

No que diz respeito à aplicação de jogos de empresas nos cursos de engenharia e administração, destacam-se: Fábrica de caneta (SOUZA e SILVA, 2003; COSTA e JUNGLES, 2006; ALTHOFF et al, 2009); Jogo do barco (PANTALEÃO et al, 2003; SHIWAKU et al, 2004; BATISTA et al, 2011; DIAS et al, 2012; PACCOLA et al, 2014); dentre outros jogos e dinâmicas.

Estes jogos abordam em especial conceitos de produção puxada e empurrada, e não evidenciam a aplicação dos conceitos de produção relacionados ao desenvolvimento e projeto do produto.

Portanto, a presente pesquisa apresenta uma proposta de um jogo de empresa para desenvolvimento e projeto do produto, aplicando os conceitos de explosão, diagrama de montagem, estrutura analítica e lista de material (*"BOM" — Bill Of Material*), de forma que auxilie na aprendizagem dos alunos na disciplina de administração da produção dos cursos de engenharia de produção e administração.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1. JOGOS DE EMPRESAS

A aprendizagem é o processo no qual o estudo se realiza; ela ocorre durante toda a existência de um sujeito, dando-lhe motivação na busca da solução de uma situação-

problema, de modo que, ao atingir sua meta, percebe modificações de modo duradouro. Isto significa que, desde o nascimento, o processo de aprendizagem é constante e permanente (GRAMIGNA, 1993).

Por simular o real, o jogo permite o aumento das chances do aluno de fato entender o conteúdo, uma vez que, ao participar ativamente de um evento simulado (e não mais como mero espectador de conteúdos transmitidos), além das sensações tradicionais (visão e audição), o aluno vivenciará a soma de sentimentos e emoções que ocorrerão no momento dessa prática forjada, dinâmica. Nesses momentos, a espontaneidade, a competição, o prazer e a liberdade proporcionados pelos jogos os classificam como ferramentas eficazes de ensino (MARTINELLI, 1987).

Com isso, os alunos conseguem aprimorar seus conhecimentos de modo a tomar decisões, resolver problemas, e vivenciar a situação-problema como um todo devido ao ambiente simulador. Por essa prática, o discente, além de ocupar o papel de executivo, ou seja, aquele que pensa e estuda as melhores decisões para as situações apresentadas na empresa, ele enxergará os resultados dessas decisões de modo mais rápido, podendo perceber de modo nítido os erros e os acertos, dentro de uma visão sistêmica e dinâmica de todo a realidade empresarial e ambiental (MARTINELLI, 1987).

De acordo com Savaia (2000), a concretização de conhecimentos se dá no momento em que os participantes atuam apresentando suas bagagens de conhecimentos sobre os assuntos. A prática de jogos permite que os conteúdos que já estão disponíveis na memória dos alunos passem a fazer sentido em um sistema integrado de informações, ou seja, conhecimentos adquiridos em momentos anteriores de suas vivências reais se integram aos novos conhecimentos, fazendo com que por si mesmos elaborem conclusões mais acertadas sobre determinadas situações.

O termo jogos de empresas pode ser referenciado por outros termos, tais como: simulações de negócios, simulação de gestão, exercício de gestão simulada, simulação empresarial, atividade empresarial simulada ou somente simulação (MARTINELLI, 1987).

### 2.2. PROJETO DO PRODUTO

A seguir serão apresentadas as etapas relacionadas ao desenvolvimento do projeto do produto: explosão, diagrama de montagem, estrutura analítica e lista de material (“BOM” — *Bill Of Material*).

### 2.2.1. EXPLOSÃO

A explosão do produto remete a sua montagem, momento ao qual é possível observar todas as suas partes, seus componentes, seus subconjuntos, fornecendo entendimento de como realmente o produto funciona e como pode ser montado. Com um bom projeto do produto, é possível reduzir os custos de manufatura, ofertar mais qualidade, e ter maior eficácia e eficiência diante ao processo de produção (SCHAFRANSKI, 2002).

Bralla (1986) explicita que existem certas regras que conduzem a um bom projeto, as quais denomina como princípios básicos para uma produção econômica, são estas:

a) **Simplicidade** — significa que o produto deve ter o menor número de peças possível, o menor número de peças complexas possíveis, a menor quantidade de ajustes finos possíveis e as peças devem ter a menor sequência de fabricação possível;

b) **Padronização** — os materiais usados devem obedecer a um padrão, permanecendo preferencialmente do mesmo modo em que foram encontrados no mercado para assim se obter vantagens comparativas no processo produtivo;

c) **Modularização** — devem-se utilizar subconjuntos compartilhados na composição do portfólio dos produtos sempre que for possível, pois isso garante economia na produção e também no pós-venda;

d) **Relaxamento de tolerâncias** — a possibilidade de afrouxamento das tolerâncias nos ajustes onde foram mal especificadas permite o emprego de equipamentos especiais de fabricação e de medição, barateando, desse modo, o sistema produtivo;

e) **Adequação ao nível de produção** — o projeto deve ao máximo se adequar ao sistema produtivo de um produto, apresentando quantos mais detalhes semelhantes e possíveis a determinados processos reais dentro das empresas;

### 2.2.2. DIAGRAMA DE MONTAGEM

O diagrama de montagem mostra os componentes do produto e seus subconjuntos, agrupados de acordo com a montagem. O diagrama é construído pelo processo que o produto percorrerá até a sua montagem; ele serve para orientar o processo de montagem do produto (SCHAFRANSKI, 2002).

Com o diagrama de montagem é possível ter maiores informações do produto, conhecendo sua estrutura e o processo de fabricação. O subconjunto que compõe o diagrama pode ser fabricado ou então transformado durante o processo de manufatura. É possível um subconjunto estar dentro de outro subconjunto, podendo ser fabricados separados em um diagrama de montagem. A ordem de fabricação do produto pode ajudar na construção da ordem do diagrama de montagem (BORNIA, 1996).

### 2.2.3. ESTRUTURA ANALÍTICA

A estrutura analítica permite visualizar em qual nível o processo se encontra. Ela divide o processo em componentes menores para mais facilmente conseguir fazer sua gerência. A estrutura é parecida com um organograma; no topo, chamado de nível 0, fica a peça, o produto final. No nível 1, são distribuídos os componentes do produto que são citados no diagrama de montagem, sendo as peças e os subconjuntos. No nível 2, são destrinchadas as peças individuais dos subconjuntos (SCHAFRANSKI, 2002).

Na estrutura não pode ocorrer falta de informações referente ao produto, pois é a partir dela que é possível ver o produto por completo, como um todo. Ela é planejada de modo que tenha relação com o processo de fabricação do produto. Ao seu uso benéfico é possível entender em quais pontos é preciso fazer melhorias, ou então mudanças, que tragam maior qualidade ao produto (BORNIA, 1996).

### 2.2.4. LISTA DE MATERIAIS

Um produto manufaturado pode conter poucos ou até milhares de componentes, os quais podem ser compostos por um único item ou vários subcomponentes (CHUNG; FISHER, 1992).



Para auxiliar o administrador da manufatura a efetuar uma gestão da produção de modo eficiente, diversas técnicas de gerenciamento têm sido propostas, todas elas tendo a lista de materiais como elemento básico do sistema de informação usado na gestão da produção e controle do inventário (GONÇALVES FILHO; MARÇOLA, 1996).

A lista de material, conhecida no inglês como *Bill of materials (BOM)*, é uma relação descritiva e quantitativa de todos os itens ou materiais (submontagens, componentes intermediários, matérias-primas e itens comprados) necessários para se fabricar e/ou montar um produto, podendo ainda trazer instruções de trabalho ou ferramentas requeridas para suportar o processo de manufatura (TATSIOPOULOS, 1996).

Por compartilhar suas informações entre quase todos os departamentos da empresa, a *BOM* ainda funciona como um importante elemento de integração dos sistemas de manufatura adotados (TRAPPEY et al., 1996).

Quando finalizada, cada ramo da sua lista de material estará associado a um custo, o que lhe permite avaliar os custos dos produtos de forma mais organizada e determinar o custo do produto final. (TATSIOPOULOS, 1996). Além disso, uma lista de materiais bem elaborada auxilia os administradores a lidar com a pressão contínua por melhorias na eficiência de manejo nas manufaturas, especialmente se combinada com mecanismos que permitam a troca de informações entre os diferentes departamentos da empresa.

### 3. METODOLOGIA E DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA DO JOGO PROPOSTO

A seguir, será apresentado o jogo desenvolvido na disciplina de Administração da Produção do curso de Administração, na qual foi baseado nos conceitos de desenvolvimento do projeto do produto: explosão, diagrama de montagem, estrutura analítica e lista de material ("*BOM*" — *Bill Of Material*).

#### 3.1. DINÂMICA DO JOGO PROPOSTO

O jogo foi dividido em 3 etapas: Apresentação dos conceitos teóricos do desenvolvimento do projeto do produto; Elaboração da documentação do projeto do produto

(atividade extraclasse); e Aplicação da dinâmica em sala.

Na primeira etapa, foi apresentado pelo professor aos alunos os conceitos teóricos do desenvolvimento do projeto do produto, e demonstrado exemplos práticos do uso do diagrama de explosão, diagrama de montagem, estrutura analítica e *BOM*.

Na segunda etapa, foram divididos grupos com 5 alunos, que realizaram o trabalho de elaboração da documentação do projeto do produto com atividade extraclasse.

Neste trabalho extraclasse, os grupos tiveram que escolher um produto (brinquedo) com no mínimo 10 peças (montagens) e elaborar toda a documentação do projeto do produto: diagrama de explosão, diagrama de montagem, estrutura analítica e *BOM*.

Os alunos tiveram o período de uma semana (atividade extraclasse) para elaborarem a documentação do projeto do produto definido e capacitarem os integrantes do grupo para a montagem do produto.

Neste caso, a regra foi que todos deveriam estar capacitados para a montagem individual do produto.

No final da segunda etapa, o grupo deveria entregar ao professor o material desenvolvido para auxiliar na montagem do produto, bem como o produto desmontado (peças soltas).

Na terceira etapa, para a realização da dinâmica, a regra apresentada foi que a montagem do produto não fosse realizada pelo próprio grupo, mas sim por alunos que não tivessem acesso ao desenvolvimento da documentação do projeto do produto.

Esta regra foi definida tendo em vista que o objetivo do jogo foi que com o auxílio da documentação desenvolvida pudesse ser feita a montagem do produto. No caso, se a montagem fosse realizada pelo grupo que desenvolveu o procedimento e documentação, o resultado poderia ser mascarado, tendo em vista o treinamento realizado durante o desenvolvimento da segunda etapa.

Para a realização da dinâmica, o grupo foi dividido da seguinte maneira:

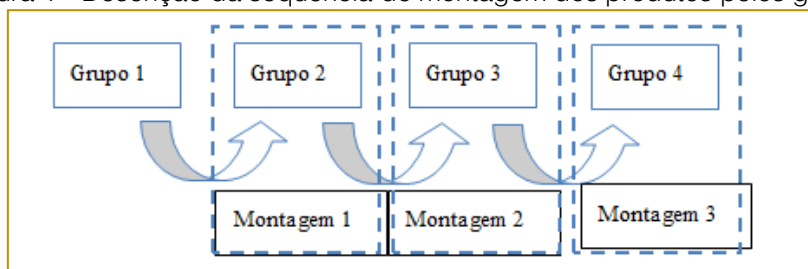
1. Três (3) integrantes para a montagem dos produtos de outros grupos, sendo que destes apenas um (1) aluno iria realizar a montagem e os outros alunos o auxiliariam na montagem;



2. Dois (2) integrantes para o acompanhamento da montagem de seu produto pelos outros grupos, realizando a cronometragem e registrando as montagens com fotos para o desenvolvimento de um relatório.

Para confirmar a eficiência dos procedimentos e instruções desenvolvidos pelo grupo para a montagem do produto foram realizadas 3 montagens dele, sempre em grupos diferentes, como apresentado na Figura 1:

Figura 1 - Descrição da sequência de montagem dos produtos pelos grupos



Fonte: Autoria própria (2017).

As regras para cada procedimento de montagem foram:

- Primeira Montagem:** os integrantes do grupo receberam o produto desmontado sem nenhuma informação de como montar, sem nenhum manual de instrução e de que o produto se refere. O grupo teve 5 minutos para realização da tarefa;
- Segunda Montagem:** os integrantes do grupo receberam o produto desmontado com o manual de instrução de montagem desenvolvido pelo grupo do produto em questão. O grupo teve 5 minutos para a realização da tarefa;
- Terceira Montagem:** os integrantes do grupo receberam o produto desmontado com o manual de instrução desenvolvido, e participaram de um treinamento de 2 minutos por um dos integrantes do grupo do produto que será montado. Após o treinamento, o grupo teve 5 minutos para a realização da tarefa.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para a presente pesquisa, o jogo foi realizado com 55 integrantes (11 grupos) da disciplina de Administração da Produção do curso de Administração. A seguir, são apresentados os resultados obtidos e discussões.

Na etapa de elaboração da documentação do projeto do produto (Segunda etapa), realizado extraclasse, todos os grupos desenvolveram o diagrama de explosão, diagrama de montagem, estrutura analítica e *BOM*.

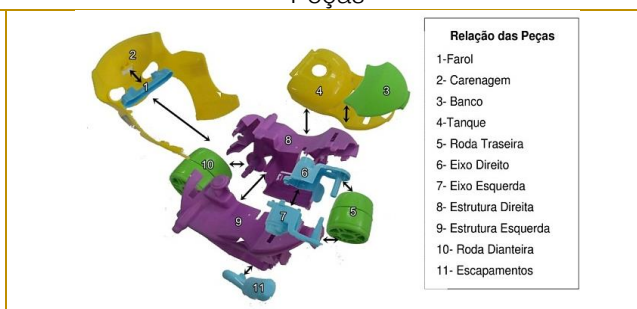
A Figura 2 apresenta o produto “moto” escolhido por um dos grupos, e as documentações desenvolvidas: Diagrama de Explosão (Figura 3), Diagrama de Montagem (Figura 4), Estrutura Analítica (Figura 5) e Lista de Material - *BOM* (Figura 6).

Figura 2 – Produto Moto



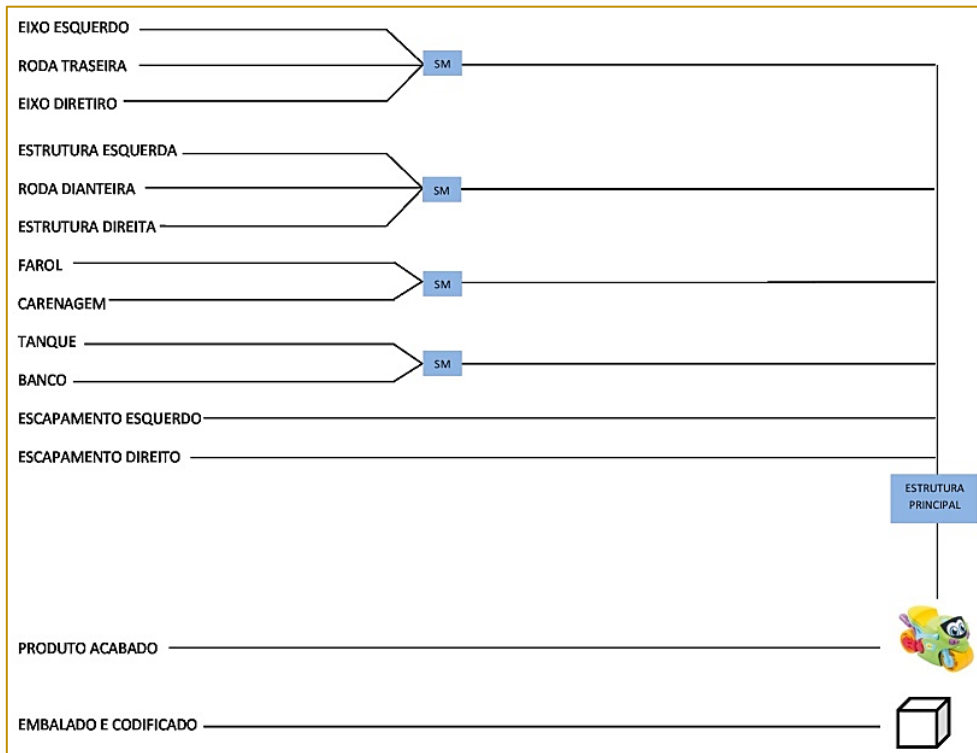
Fonte: Autoria própria (2017)

Figura 3 – Explosão do Produto — Relação de Peças



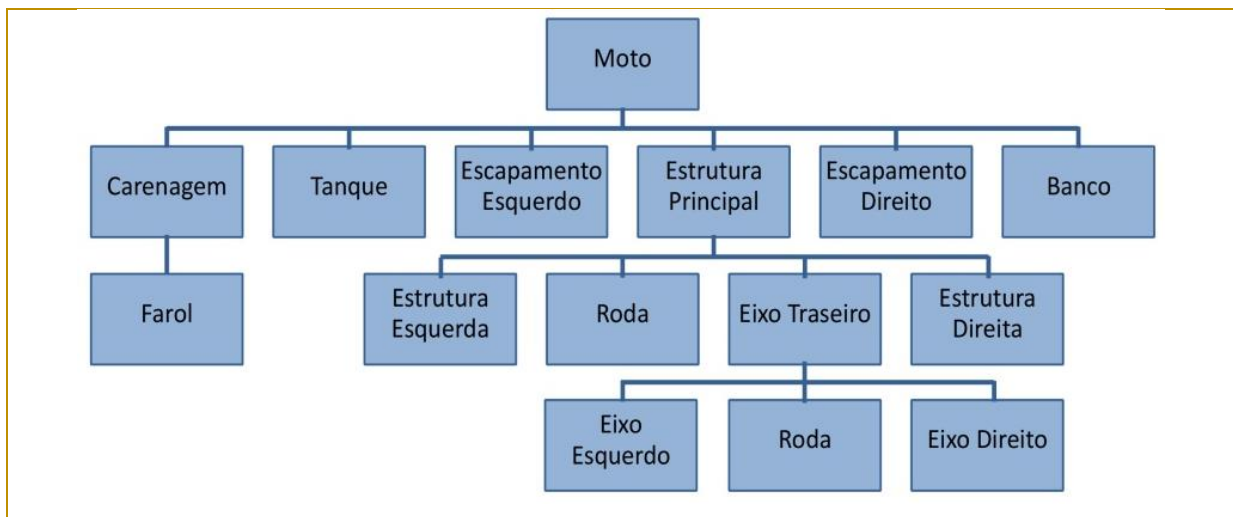
Fonte: Autoria própria (2017)

Figura 4 – Diagrama de Montagem



Fonte: Autoria própria (2017)

Figura 5 – Estrutura Analítica



Fonte: Autoria própria (2017)

Figura 6 – Lista de Material (*BOM*)

NOME	CÓDIGO	NÍVEL	QUANTIDADE	FORNECEDORES	
				INTERNO	EXTERNO
MOTO		0	01	X	
ESTRUTURA PRINCIPAL	GA	01	01	X	
• ESTRUTURA ESQUERDA	GA1	02	01		X
• RODA DIANTEIRA	GA2	02	01		X
• ESTRUTURA DIREITA	GA3	02	01		X
• EIXO TRASEIRO	AL	02	01		X
• EIXO ESQUERDO	AL1	03	01		X
• RODA TRASEIRA	AL2	3	01		X
• EIXO DIREITO	AL3	03	01		X
CARENAGEM	ER	01	01		X
• FAROL	ER1	02	01		X
ESCAPAMENTO ESQUERDO	VS1	01	01		X
ESCAPAMENTO DIREITO	VS2	01	01		X
TANQUE	GU1	01	01		X
BANCO	GB2	01	01		X

Fonte: Autoria própria (2017).

A Figura 7 apresenta um dos grupos montando o produto “moto” com o auxílio da folha de procedimento de montagem.

Figura 7 – Montagem do produto “moto” com auxílio da folha de procedimento de montagem



Fonte: Autoria própria (2017)

Após a realização da dinâmica em sala (terceira etapa), os grupos elaboraram um relatório contando suas experiências, facilidades e dificuldades em montar o produto do outro grupo. No relatório, foram

descritos os pontos positivos e os negativos em cada etapa da montagem do produto do outro grupo.

Analisando os relatórios, foi possível identificar que alguns grupos na primeira

montagem (execução sem o auxílio do manual de procedimentos) tiveram uma maior dificuldade com a montagem do produto exatamente por não o conhecerem, apresentando dúvidas de como montar e também certa pressão para a execução, pois estava sendo cronometrado o tempo de montagem.

Na segunda montagem, mesmo com auxílio do manual de instruções, alguns grupos ainda relataram dificuldades, pois as instruções apresentadas não eram bem explicativas, faltando informações do processo de montagem, ou seja, a explosão não era rica em detalhes e o passo a passo de como montar o produto não apresentava fácil entendimento. A complexidade, a quantidade e o tamanho das peças dificultaram o manuseio e a conclusão da montagem.

Na terceira montagem, além de contar com o manual de instruções, foi realizado o treinamento, deste modo, os grupos puderam observar as dificuldades e no treinamento focarem no ponto mais crítico da montagem, para assim reduzirem os erros cometidos, reduzindo o tempo de montagem e facilitando a produção.

## REFERÊNCIAS

- [1] ALTHOFF, T.; COLZANI, T. A.; SEIBEL, E. A dinâmica da montadora de canetas: uma simulação baseada em jogos de empresas no ensino da engenharia de produção. In: XXIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Salvador, BA, 2009. Anais. Salvador: Abepro, 2009.
- [2] BATISTA, C. S.; OLIVEIRA, F. L.; NASCIMENTO, E. V. Proposta de um jogo didático de gestão da produção. In: XXXI Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Belo Horizonte, MG, 2011. Anais.... Belo Horizonte: Abepro, 2011.
- [3] BORNIA, J. C. O Uso do Jogo de Empresas GI-EPS no Treinamento de Decisões Relativas a Preços. Florianópolis 1996. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas - Universidade Federal de Santa Catarina.
- [4] BRALLA, J. G. Handbook of product design for manufacturing, McGraw-Hill, New York, 1986.
- [5] CHUNG, Y.; FISHER, G. W. Illustration of object-oriented databases for the structure of a bill of materials. Computers in Industry, 19, 257-270, 1992

## 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho demonstra que a proposta de jogo apresentada auxilia na aprendizagem prática dos conceitos relacionados ao desenvolvimento e projeto de produto: Explosão, Diagrama de Montagem, Estrutura Analítica e Lista de Material (“BOM” — *Bill Of Material*), nas disciplinas de administração da produção nos cursos de administração e engenharia de produção.

A integração dos conceitos teóricos aprendidos em sala, com os conceitos aplicados na prática (extraclasse e dinâmica), auxiliam significativamente a aprendizagem dos alunos aos conceitos abordados.

Durante a realização da dinâmica do jogo proposto, notou-se o envolvimento dos alunos, tendo em vista a criação de um ambiente cooperativo e de sinergia durante o desenvolvimento e projeto de projeto, em especial nas atividades extraclasse.

Portanto, o uso de jogos de empresa se apresenta como uma alternativa importante no aprendizado teórico e prático nas disciplinas. Sugere-se, nesse caso, o desenvolvimento de novos jogos de empresas, em especial nas disciplinas de administração da produção.

- [6] COSTA, A. C. F.; JUNGLES, A. E. O Mapeamento do Fluxo de Valor Aplicado a uma Fábrica de Montagem de Canetas Simulada. In: XXVI ENEGEP - Encontro Nacional de Engenharia de Produção, XXVI, 2006.
- [7] DIAS, M. C.; TURRIONI, J. B.; SILVA, C. V. O uso do aprendizado baseado em problemas no ensino da engenharia de produção. In: XXXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Bento Gonçalves, RS, 2012. Anais. Bento Gonçalves: Abepro, 2012.
- [8] [GONCALVES FILHO, E. V.](#); [MARCOLA, J. A.](#) Bill of materials modeling: a proposal. Gest. Prod. [online]. 1996, vol.3, n.2, pp.156-172. ISSN 0104-530X. <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-530X1996000200003>.
- [9] GRAMIGNA, M. R. M. Jogos de Empresas. São Paulo: Makron Books, 1993. 138 p.
- [10] GRAMIGNA, M. R. M. Jogos de empresa e técnicas vivenciais. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010.
- [11] MARTINELLI, D. P. A utilização de jogos de empresas no ensino de administração. 1987. Dissertação (Mestrado em Administração) – Programa de Pós-Graduação em Administração, FEA/USP, São Paulo.

- [12] PACCOLA, F. T.; BIANCHI, R. O.; SANTOS C. G. L.; PEREIRA, M. A. C. Jogo do barco: Uma versão inovadora incluindo mapeamento de fluxo e valor. In: Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia, Juiz de Fora, MG, 2014. Anais. Juiz de Fora: Abenge, 2014.
- [13] PANTALEÃO, L. H.; OLIVEIRA, R. M.; ANTUNES JUNIOR, J. A. V. Utilização de um jogo de produção como ferramenta de aprendizagem de conceitos de engenharia de produção. In: XXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Ouro Preto, MG, 2003. Anais. Ouro Preto: Abepro, 2003.
- [14] SHIWAKU, M.; BUOSI, J. P.; PAULISTA, P. H.; TURRIONI, J. B.; COSTA JUNIOR, A. G. Resultados da utilização da dinâmica do barco de papel para o ensino da gestão da qualidade. In: XI Simpósio de Engenharia de Produção, Bauru, SP, 2004. Anais. Bauru: SIMPEP, 2004.
- [15] SAUAIA, A. C. A. Satisfação e aprendizagem em jogos de empresas - contribuições para a educação gerencial. 272p. Tese de Doutorado em Administração - Universidade de São Paulo, 2000.
- [16] SCHAFRANSKI, L. E. Jogos de Gestão da Produção: desenvolvimento e validação. 2002. Tese (doutorado em Engenharia de Produção) - UFSC, Florianópolis.
- [17] SOUZA E SILVA, M. F. Sistema de produção puxado e sistema de produção empurrado: simulação através de jogo didático de montagem de canetas, associando idéias e conceitos ao ambiente da construção civil. III SIBRAGEC - Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção, III, 2003.
- [18] TATSIOPOULOS, I. P. On the unification of bills of materials and routings. Computers in Industry, 31(3), 293-304, 1996.
- [19] TRAPPEY, A.J.C. et al. An object-oriented bill of materials system for dynamic product management. Journal of Intelligent Manufacturing, v.7, 365-371, 1996.
- [20]

*Autares*



**AGAMENON VALE**

Graduação em Física. Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas. Especialização em Matemática. Especialização em Neuropedagogia Aplicada à Educação.

**ALINE PIRES VIEIRA DE VASCONCELOS**

Doutorado em Engenharia de Sistemas e Computação pela COPPE/UFRJ, concluído em Abril de 2007. Mestrado em Master of Science in Computer Science pela Vrije Universiteit Brussel, concluído em Setembro de 1999. Professora na área de Informática do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense (IF Fluminense) Campus Campos Centro, nos cursos de graduação e de Pós-Graduação, sendo atualmente professora Titular e membro do corpo docente do SAEG (Mestrado em Sistemas Aplicados à Engenharia e Gestão). Diretora de Gestão Acadêmica do IF Fluminense Campus Campos Centro. Atua como colaboradora do grupo de pesquisa em Reutilização de software da COPPE Sistemas. Participou recentemente do projeto de Qualidade de Software no contexto da Renapi (Rede de Pesquisa e Inovação em Tecnologias Digitais) da SETEC - MEC. Certificada como Coach Ontológica pela NewField Network em janeiro de 2015.

**ALYNE RESENDE PIASSI**

Bacharel em Engenharia de Produção pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais - Campus Bambuí.

**ANA CLARA SOARES BICALHO**

Cursando 9º período de Engenharia de Minas, na Universidade Federal de Goiás, Catalão-GO. Estágio nível superior e técnico, na área de operação e planejamento de mina a céu aberto, nas empresas Vale S.A. e Mosaic Fertilizantes. Experiência em sistemas de despacho, análise e acompanhamento de KPI e projetos de Green Belt Lean Seis Sigma. Email: anaclarabicalho@yahoo.com.br.

**ANA PAULA BUENO LOPES**

Graduada em Engenharia de Produção pela Universidade do estado de Minas Gerais (UEMG), técnica em Administração de Empresas pelo instituto educacional Maris Célis, atue como estagiária na área hospitalar.

**ANDERSON ELIAS SILVA DE MELO**

Graduando em Design Bacharelado da Universidade Federal de Alagoas (UFAL). Atualmente é estagiário da Pinacoteca Universitária, pesquisador do projeto de extensão: A renda filé: design, ergonomia e inovação; do Programa Círculos Comunitários de Atividades Extensionistas (PROCCAEXT) e integrante do Laboratório de Experimentação em Design (LED).

**ANDRÉ LUIZ ALVES**

Mestre em Engenharia de Produção e Sistemas pela Pontifícia Universidade Católica de Goiás - PUC Goiás (2017), especialista em Ciência da Computação pela PUC Goiás (1998), graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Goiás (1983). É fundador e diretor de tecnologia da empresa Qualyx Educação, Consultoria e Soluções de T.I. Ltda. É professor da Pontifícia Universidade Católica de Goiás. Tem experiência na área de Ciência da Computação, com ênfase em Sistemas de Informação, atuando principalmente nos seguintes temas: engenharia de software, engenharia de requisitos, métricas para software, banco de dados e processo de software.

**ANDRÉ PEDRO FERNANDES NETO**

Desempenha a profissão de professor da UERN (Universidade do Estado do Rio Grande do Norte) e UFERSA (Universidade Federal do Semiárido), com o título de Doutor em Engenharia Elétrica e Computação (PPgEEC) pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Ministrou as disciplinas de Transmissão de Dados, Circuitos Eletrônicos e Dispositivos Semicondutores, Gestão de Manutenção e Confiabilidade e Automação na Produção. No setor privado exerceu a função de engenheiro consultor em telecomunicações pela OI - TELEMAR, sendo o engenheiro responsável pela operação e manutenção na região oeste potiguar.

**AUDREI GIMÉNEZ BARAÑANO**

Possui graduação em Engenharia Química pela Universidade Federal do Rio Grande (1998), mestrado em Engenharia Química pela Universidade Federal de Santa Catarina (2001) e doutorado em Engenharia Química pela Universidade Federal de Santa Catarina (2006). Atualmente é professora associada da Universidade Federal do Espírito Santo. Tem experiência na área de Engenharia Química, com ênfase em Processos Industriais de Engenharia Química, atuando em pesquisa na área de produção de biodiesel.

**BRUNA BEATRIZ LARA MOREIRA.**

Bacharel em Engenharia de Produção pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais - Campus Bambuí.

**BRUNO LIMA SOUZA**

Engenheiro de Controle e Automação e técnico em Eletrotécnica, cursando Mestrado em Sistemas Aplicados à Engenharia e Gestão no Instituto Federal Fluminense. Realizou Estágio e Intercâmbio em Engenharia Elétrica na Universidade do Texas em El Paso (EUA).

**CARLOS ALBERTO CHAVES**

Engenheiro Metalúrgico pela Escola de Engenharia Metalúrgica de Volta Redonda (EEIMVR), da Universidade Federal Fluminense (UFF) e Mestre em Metalurgia pela Universidade de Sheffield, Inglaterra. É Professor Adjunto IV da Escola de EEIMVR/UFF, no Departamento de Engenharia de Produção. Tem experiência nas áreas de Engenharia de Produção, Materiais e Metalúrgica, com ênfase em Reciclagem de Resíduos Industriais, Gerenciamento de Projetos, Gestão da Tecnologia, Controle de Qualidade, Siderurgia e implantação de empreendimentos.

Atualmente é Doutorando em Engenharia Civil pela Universidade Federal Fluminense, UFF, na área de Gestão e Sustentabilidade.

**CARLOS EDUARDO ANTUNES DA SILVA**

Mestre em Inteligência Artificial pela Universidade Católica de Petrópolis, formado em Engenharia Elétrica pela mesma instituição e atua com melhoria de processos e produção no grupo Petrópolis. Além disso, leciona as cadeiras de 5s e Metodologia do Estudo e Pesquisa no curso de Pós Graduação em Lean Manufacturing da Universidade Católica de Petrópolis

**CARLOS EDUARDO FRANCISCHETTI**

Graduação em Ciências Econômicas pelo Instituto Superior de Ciências Aplicadas ISCA Faculdades Limeira/SP; Especialização em Gerência Financeira Administrativa e de Controle pela Universidade Salesiana UNISAL Americana/SP; Mestre e Doutor em Administração pela FGN Faculdade de Gestão e Negócios da UNIMEP Piracicaba/SP. Atua como professor da Anhanguera Educacional de Limeira e professor e coordenador dos Cursos de Administração e Ciências Contábeis da FIEL, Faculdades Integradas Einstein de Limeira. Trabalha com aplicações de métodos quantitativos e da contabilometria, com ênfase na aplicação da Lei dos Números Anômalos ou Lei de New-comb-Benford, na gestão financeira e na simulação de modelos matemáticos com análise multivariada de dados, nos planejamentos estratégico e econômico das Organizações Públicas e Privadas. Possui Experiência em gerenciamento de empresas nas áreas de controle, elaboração de custos, processos e operações financeiras.

**CARLOS NAZARETH MOTTA MARINS**

Doutor em Engenharia Elétrica pela Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação da UNICAMP em 2010. Mestre em Telecomunicações, pelo INATEL em 2004, com dissertação na área de comunicação via satélite. Graduado em Engenharia Elétrica, ênfase em Eletrônica e Telecomunicações, pelo INATEL, em 1994. Técnico em Eletrônica pela ETE-FMC de Santa Rita do Sapucaí/MG em 1989. Vice Diretor e Pró Diretor de Graduação do Inatel. Membro da Diretoria de Ensino da SET. Professor dos cursos de Engenharia e de Tecnologia do INATEL. Consultor do ICC (Inatel Competence Center) em projetos para empresas nas áreas de telecomunicações e eletrônica.

**CARLOS ROBERTO DE SOUSA COSTA.**

Bacharel em engenharia de produção com Especialização em engenharia de segurança do trabalho e MBA em Administração, Mestre em sustentabilidade e tecnologia ambiental ,é professor do Instituto Federal de Educação e Tecnologia de Minas Gerais (IFMG - Campus Bambuí)

**CÉLIO ADRIANO LOPES**

Possui graduação em Administração(2001) e pós graduação em Gestão Empresarial(2002) pelo Centro Universitário de Patos de Minas UNIPAM e mestrado em Administração pela Faculdade Novos Horizontes (2010). Atualmente é coordenador do programa da qualidade do Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM) e é docente na mesma instituição. Membro do CB-25 - Comitê Brasileiro da Qualidade (BH-UBQ), Membro do Comitê Municipal para Educação Empreendedora - Patos de Minas

**CHARLES RIBEIRO DE BRITO-**

Possui Mestrado em Eng° de Produção - UFAM. Graduação em Arquitetura e Urbanismo - Fau/UNL- Manaus. Engenheiro de Segurança do Trabalho - IFAM - Instituto Federal do Amazonas. Especialista em Engenharia de Produção - Gestão de Organizações - Operações & Serviços - UFAM. É Diretor da Superintendência do Registro Imobiliário Avaliações e Perícias - SRIAP - Procuradoria Geral do Município de Manaus - PGM. Professor de Ensino Superior da Laureate International Universities - UNINORTE, e Coordenador do curso de Especialização de Engenharia de Segurança do Trabalho da Laureate International Universities - UNINORTE. Sócio da Atrês Projects - Empresa de Projetos na área de Arquitetura e Engenharia e Montagem Industrial.

**CLARIMAR COELHO**

Possui graduação em Matemática pela Universidade Católica de Goiás (1987), mestrado em Ciência da Computação pela Universidade de Brasília (1999), doutorado em Engenharia Eletrônica e Computação pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica (2002) e Pós-doutorado em Engenharia Eletrônica e Computação pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica (2011). É professor titular da Associação Educativa Evangélica e professor adjunto da Pontifícia Universidade Católica de Goiás. Coordenador do Grupo de Pesquisa em Computação Científica. Coordenador do Núcleo de Pesquisa da Escola de Ciências Exatas e da Computação da PUC-Goiás. Tem interesse em computação científica e na construção de modelos matemáticos e técnicas para soluções numéricas utilizando computadores com ênfase em processamento digital de sinais e imagem, transformada wavelet, calibração multivariada e reconhecimento de padrões.

**DANIEL RODRIGUES FERRAZ IZARIO**

Bacharel em Engenharia de Computação no Instituto Nacional de Telecomunicações - Inatel, em Santa Rita do Sapucaí - MG / Brasil, com período sanduíche em Universidade do Porto - UP, em Porto / Portugal. Mestrando em Engenharia de Computação na Universidade Estadual de Campinas - Unicamp, em Campinas - SP / Brasil. Atualmente é freelance em desenvolvimento de aplicações e softwares em geral. Seus interesses são software, game, web design e processamento digital de imagem, com foco nas linguagens javascript e python.

**DELMAR LEDA DE ATAIDE**

Possui graduação em Licenciatura Plena em Disc. Esp. do Ens. do 2º grau pela Universidade Federal do Pará (1986) e graduação em Engenharia pelo INSTITUTO DE TECNOLOGIA DA AMAZÔNIA (1980). Especialista em Engenharia de Produção Profissional pela Universidade Federal do Amazonas - UFAM. Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Federal do Amazonas - UFAM. Atualmente é Professor do Centro Universitário do NORTE-LAUREATE. Tem experiência na área de Educação, com ênfase em Educação

**ELIENE APARECIDA CHAGAS.**

Bacharel em Engenharia de Produção pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais - Campus Bambuí.

**GILBERTO HORÁCIO DE FRANÇA**

Graduado em Engenharia de Produção pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA. Especialização em Engenharia de Produção. Trabalha como técnico de projeto, construção e montagem na PETROBRAS. Atuação na área de gestão e automação da produção e estatística da qualidade.

**GIOVANE QUADRELLI**

Possui graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade Católica de Petrópolis (1987), pós-graduação em Informática Aplicada a Educação pela Universidade Católica de Petrópolis (1994), mestrado em Engenharia Elétrica pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (1998) e doutorado em Engenharia Elétrica pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (2002). Atualmente é professor titular da Universidade Católica de Petrópolis. Tem experiência na área de Engenharia Elétrica, com ênfase em Inteligência Artificial Aplicada a Controle, atuando principalmente nos seguintes temas: redes neurais, lógica nebulosa, controle, redes neurofuzzy e previsão de carga elétrica. Atualmente é Coordenador do Mestrado Profissional em Gestão de Sistemas de Engenharia

**IVAN CORRER**

Formado em Engenharia de Controle e Automação pela Universidade Metodista de Piracicaba (2004), Mestrado em Gerência da Produção pela Universidade Metodista de Piracicaba (2006), Doutorando em Gerência da Produção pela Universidade Metodista de Piracicaba (desde 2017). Atualmente é coordenador de P&D da empresa GeoTecn Soluções em Automação para o setor industrial. Tem experiência na área de Engenharia de Produção, Engenharia de Controle e Automação e Gestão Empresarial, com ênfase em Automação da Manufatura, Gestão da Produção, Administração, atuando principalmente nos seguintes temas: P&D de Novos Produtos, Controle de Processos, Controle da Produção, Sistemas de Monitoramento, Redução de tempos de Setup.

**JACINTA DE FÁTIMA PEREIRA RAPOSO**

Possui graduação em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Campina Grande (2012) e mestrado em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Pernambuco (2015). Professora dos Cursos de engenharia da Produção pela UNINASSAU e Técnico em Gestão da Qualidade pelo IFPE (Jaboatão dos Guararapes).

**JANAÍNA APARECIDA PEREIRA**

Possui graduação em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal de Uberlândia (2006). Possui mestrado em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal de Uberlândia (2009). Atualmente é aluna regular de doutorado do Programa de Pós Graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Uberlândia, também é docente e coordenadora do curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM).

**JEFFERSON BRANDÃO DA COSTA**

Possui graduação em Ciência da Computação pela Universidade Paulista - UNIP (2010). Pós graduado em Engenharia de Qualidade e Produtividade (Engenharia de Produção) pela Escola Superior Batista do Amazonas - ESBAM (2016). Atualmente é analista de T.I - FOXCONN CNSBG Indústria de Eletrônicos. Tem experiência na área de Ciência da Computação, com ênfase em Análise e desenvolvimento de Software.

**JÉSSICA ALVES JUSTO MENDES**

Formada em engenharia de produção pela Universidade Federal Fluminense (UFF, Capus Volta Redonda). Iniciação científica na área de produção de energia através de resíduos de lactose, com ênfase em estudo de viabilidade técnica e ambiental. Experiência internacional: Intercambio no Canadá, em Vancouver, onde cursou um módulo de Business, na Pacific Gateway Internacional College (PGIC). Experiência profissional: Estágio na empresa AGS Aerohoses S/A, na área da gestão da qualidade. Pós-graduação na Universidade Paulista (Unip, Campus: São José dos Campos), em Qualidade e Produtividade, com certificação Green Belt. Mestranda em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)

**JOICE MARIA ALVES DOS ANJOS**

Bacharel em Administração pelas Faculdades Integradas Einstein de Limeira (FIEL)

**JORGE LUIZ OLIVEIRA REGAL**

Possui Graduação em Engenharia Civil pela Lauretae International Universities (UNINORTE). Atualmente cursa Engenharia de Segurança do Trabalho (UNINORTE).

**JOSÉ DA SILVA FERREIRA JUNIOR**

Mestre em Engenharia de Produção pela UNIFEI, com MBA em Engenharia da Inovação e especialização em Gestão da Engenharia e Logística Industrial e graduado em Engenharia de Produção, atualmente coordenador e professor do curso de Engenharia de Produção da UEMG unidade Passos. Atuante nas áreas de Gestão Empresarial Industrial e Mapeamento e Simulação de processos produtivos.

**JOSÉ ROBERTO LIRA PINTO JÚNIOR**

Graduação em Tecnologia em Sistemas Eletrônico pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas (2011). Especialista em Engenharia da Produção pela Universidade Estácio de Sá (RJ), Especialista em Engenharia da Qualidade pela Universidade Estácio de Sá (RJ); Especialista em Gestão Industrial (PE), Especialista em Didática do Ensino Superior (AM); Supply Chain e Logística Empresarial; Mestrado em Engenharia Industrial pela Universidade do Minho (Portugal). Revalidado pela Universidade Federal do Rio de Janeiro Professor de Graduação e Pós Graduação, Consultor e Palestrante nas áreas de Gestão de Produção Industrial e Qualidade, Auditor Líder de Qualidade BUREAU VERITAS - IRCA. E atualmente professor da Faculdade Metropolitana de Manaus - FAMETRO.

**JUAN PABLO SILVA MOREIRA**

Graduando em Engenharia de Produção pelo Centro Universitário de Patos de Minas – UNIPAM (2014 – atual). Possui experiência em pesquisas científicas nas áreas de Engenharia da Qualidade, Gestão por Processos, Gestão do Desempenho e Gestão Ambiental com ênfase em Certificações Ambientais e Gerenciamento de Resíduos Sólidos.

**JULIANA DONATO CANTALICE DE ALMEIDA**

Professora do Curso de Design, na área de Projeto de Produto na Faculdade de Arquitetura e Urbanismo (FAU) na Universidade Federal de Alagoas (UFAL). Tem experiência na área de Design, com ênfase em Projeto de Produto. Possui graduação em Desenho Industrial pela Universidade Federal de Campina Grande (2007) e Mestrado em Engenharia da Produção na Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN (2010). Atualmente é doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Materiais da Universidade Federal de Alagoas - UFAL.

**JULIANA DONATO DE ALMEIDA CANTALICE**

Professora do Curso de Design, na área de Projeto de Produto na Faculdade de Arquitetura e Urbanismo (FAU) na Universidade Federal de Alagoas (UFAL). Tem experiência na área de Design, com ênfase em Projeto de Produto. Possui graduação em Desenho Industrial pela Universidade Federal de Campina Grande (2007) e Mestrado em Engenharia da Produção na Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN (2010). Atualmente é doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Materiais da Universidade Federal de Alagoas - UFAL.

**LAYANE NASCIMENTO DE ARAÚJO**

Graduanda em Design pela Universidade Federal de Alagoas (UFAL). Bolsista e pesquisadora do projeto de extensão: A renda filé: design, ergonomia e inovação; do Programa Círculos Comunitários de Atividades Extensionistas (PROCCAEXT) e integrante do Laboratório de Experimentação em Design (LED), todos vinculados a Universidade Federal de Alagoas.

**LAYANNE FERREIRA DOS SANTOS**

Formada em design pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte.



**LUCIENE DA SILVA CASTRO**

Possui Graduação em Engenharia Química pela Faculdades Integradas de Aracruz (FAACZ) (2013), Mestrado em Engenharia Química pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). Atualmente é doutoranda em Engenharia Química pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Tem experiência na área de produção de biodiesel.

**MARCOS BANDEIRA AMORIM**

Graduado em Engenharia Elétrica pela UFAM, Mestre em Engenharia de Produção e MBA em Gestão das Organizações - Operações e Serviços pela UFAM, MBA em Marketing pela Universidade Gama Filho. Cinco artigos publicados em Congressos e Simpósios de níveis local e nacional. Fluência no idioma Inglês. Carreira de mais de dezessete anos desenvolvida em multinacionais como Sodexo, Sony, Perlos e Philips, atuando como Gerente de Projetos, Coordenador das equipes de Engenharia, Produção e Processo. Coordenação do Comitê de Ergonomia em Empresa de Manufatura. Gestor de Facilities. Experiência de viagens internacionais à Ásia, Europa, Américas do Norte e Sul, integrando equipes em projetos globais. Conhecimentos de PMBOK. Atualmente consultor da Valente Consultores Associados, Coordenador na Faculdade LA SALLE e Docente na Faculdade FAMETRO.

**MARIA JOSÉ PEREIRA DANTAS**

Possui graduação em Matemática pela Universidade Católica de Goiás (1988), Especialização em Estatística pela PUC-MG (1992), Mestrado em Engenharia Elétrica e de Computação pela Universidade Federal de Goiás (2000), e Doutorado em Engenharia Elétrica pela Universidade de Brasília (2008). Atualmente é professora adjunta da Escola de Ciências Exatas e da Computação, da Pontifícia Universidade Católica de Goiás, atuando na graduação nos cursos da área das ciências exatas e da terra e Engenharias; e na pós-graduação, no Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas. Atua nas Linhas de Pesquisa de Probabilidade e Estatística e Modelagem e Simulação de Sistemas. Tem experiência nas Áreas de Estatística Aplicada, Engenharia Elétrica e Ciência da Computação; com ênfase em Predição, Simulação e Otimização.

**MARIANA ABREU GUALHANO**

Possui graduação em Engenharia de Controle e Automação pelo Instituto Federal Fluminense (2016). Atuando principalmente nos seguintes temas: segurança, android, engenharia de requisitos e arduino. Foi bolsista de Iniciação Científica na Universidade Estadual Fluminense no período de 2012 a 2015.

**MAURO CEZAR APARÍCIO DE SOUZA**

Possui graduação em Tecnologia em Manutenção Mecânica pela Universidade do Estado do Amazonas (1987) e Especialização em Engenharia de Produção pela Universidade Federal do Amazonas e Universidade Federal do Rio de Janeiro. Experiência profissional na área de Engenharia de Produção e Industrial, com ênfase em Engenharia de Produção. Professor de Pós Graduação e Graduação, Consultor nas áreas de Engenharia de Processos Industriais, Gestão da Produção e Qualidade. Atualmente Professor da Faculdade Metropolitana de Manaus - Fametro

**MESAQUE SILVA DE OLIVEIRA**

Possui Graduação em Engenharia Civil pelo Instituto de Tecnologia da Amazônia - UTAM (2001), Especialização em Engenharia de Trânsito pelo Centro Universitário Nilton Lins - UNINILTONLINS (2005) e Mestrado em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Amazonas - UFAM (2017). Ex-Diretor de Engenharia e Educação para o Trânsito do MANAUSTRANS. Professor na UNINORTE/Laureate International Universities. Diretor do Departamento de Projetos e Obras do MANAUSTRANS. Tem experiência na área de Engenharia de Civil com ênfase em Materiais e Componentes de Construção, atuando principalmente nos seguintes temas: materiais compósitos, matrizes cimentícias e fibras vegetais. Experiência ainda em Engenharia de Trânsito, com ênfase em Estudos de Tráfego e Projetos Viários, atuando principalmente nos seguintes temas: acessibilidade, geometria, sinalização, análise e avaliação.

**NADIA HELOISA BABOSA GOULART**

Graduada em Engenharia de Produção no Centro Universitário Maurício de Nassau (2017) em Pernambuco. Possui inglês intermediário, realizou projeto de iniciação científica em 2017 e teve artigos publicados nos Anais do SIMEP e ENEGEP 2016 e 2017. Atualmente, atua como Analista de Performance (Centro administrativo do Grupo Ser Educacional).

**NÁJYLLA CECÍLIA PEREIRA COSTA**

Técnica em Administração de Empresa pelo Instituto Maris Célis, graduada em Engenharia de Produção pela Universidade do Estado de Minas Gerais, atualmente cursando pós-graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho.

**NATÁLIA VARELA DA ROCHA KLOECKNER**

Professora adjunta do curso de Engenharia de Produção e pós graduação em Gestão Empresarial e Estratégica do Centro Universitário 7 de Setembro (UNI7) e professora assistente do curso de Engenharia Civil da Faculdade Ari de Sá. Mestre em Logística e Pesquisa Operacional pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Bacharel em Ciências Econômicas pela UFC.

**RAFHAEL LAGE DE FARIAS**

Possui graduação em Administração pela Faculdade Metropolitana de Manaus. Especialista em Engenharia de Produção e Engenharia de Qualidade. Mestrando em Engenharia de Processos pela Universidade Federal do Pará - UFPA. Empresário, Consultor, Professor. Experiência em coordenação de Pós-Graduação em Cursos de Engenharia de Qualidade e Produtividade, Supply Chain Management além de Cursos Superiores tais como: Gestão da Produção Industrial, Logística e Engenharia de Produção na Faculdade Metropolitana de Manaus - FAMETRO, Faculdade Amazonas- FA, Escola Superior Batista do Amazonas - ESBAM e CIESA. Tem experiência na área de Administração e Engenharia, com ênfase em Administração de Negócios, Consultoria Empresarial

**RAMON CUNHA DE FARIAS**

Mestre em Inteligência Artificial pela Universidade Católica de Petrópolis, pós graduado em Engenharia Submarina e Engenheiro Mecânico/Produção de formação. Atua como especialista em Planejamento para toda a América Latina pela TechnipFMC e também coordena o curso de pós graduação em Lean Manufacturing da Universidade Católica de Petrópolis, onde leciona outras cadeiras do Curso de Engenharia de Produção. Além disso, Ramon é co-fundador da Eyesight, uma Startup Educacional que visa a geração do aprendizado através de uma experiência. Atua também como mentor, palestrante e coach nas áreas de Lean e carreiras.

**RITA DE CÁSSIA PEDROSA SANTOS**

Mestre em Engenharia de Minas pela Universidade Federal de Ouro Preto (2009). Graduada em Comércio Exterior pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (2004) e também em Engenharia de Minas pela UNIPAC (2010). Doutoranda pela Universidade Federal de Minas Gerais na área de Tecnologia Mineral. Atualmente professora no curso de Engenharia de Minas e coordenadora da Especialização em Lavra e Geotecnia de Minas na Universidade Federal de Goiás (UFG - Unidade Catalão). Trabalhei como coordenadora e professora no curso de Engenharia de Minas e Professora no curso de Engenharia de Produção na Faculdade Kennedy. Experiência com mineração desde 1996 nas áreas de Operação de Mina, Hidrogeologia, Cominuição, Controle de Qualidade e Comercial.

**ROBERTA ALVARENGA DOS SANTOS**

Mestranda em Sistemas Aplicados à Engenharia e Gestão, no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense (2017). Especialista em Docência no Século XXI, pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense (2013). Possui graduação em Licenciatura em Matemática pela Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (2008). Atualmente é professora do curso de Pedagogia do Instituto Superior de Educação Professor Aldo Muylaert, professora de matemática da SEEDUC/RJ, do Centro Educacional de Campos e do Centro Educacional Nossa Senhora Auxiliadora.

**ROBSON RODRIGUES**

Bacharel em Administração pelas Faculdades Integradas Einstein de Limeira (FIEL)

**ROGERIO ATEM DE CARVALHO**

Bacharel em Informática pela UFRJ (1995), Mestre e Doutor em Engenharia de Produção pela UENF (1997 e 2001). Cursando o MBA em Innovation Management Professional da Steinbeis-Hochschule Berlin (2018-2019). Professor Titular do Instituto Federal Fluminense (2015), onde atua desde 1996, sendo Diretor do Pólo de Inovação Campos dos Goytacazes (PICG, 2016-2020), uma unidade EMBRAPPII. Anteriormente foi Coordenador do Centro de Referência em Sistemas Embarcados e Aeroespaciais (CRSEA), Gerente de Tecnologia da Informação, Coordenador de Redes e Sistemas, Coordenador de Pesquisa, e Coordenador de Pesquisa e Pós-graduação. Lecionou do Técnico ao Mestrado, sendo atualmente professor de Mestrado. Premiado pela International Federation for Information Processing (IFIP) em 2006 com o Academic Leadership Award, conjuntamente pela IEEE SMC Society e IFIP com o Outstanding Special Session Award em 2007, e pela IFIP em 2011 com o Outstanding Service Award por suas contribuições à Informática em nível global. Professor dos Mestrados em Sistemas Aplicados à Engenharia e Gestão (IFF, 2016- ), Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para a Inovação (IFF, 2018- ), Engenharia de Produção (UENF, 2007-2017), Sistemas de Gestão (UFF, 2011-2014, 2018-), Engenharia Ambiental (IFF, 2006-2007) e Informática Aplicada (UCAM-Campos, 2002-2005). Orientador no Doutorado em Informática na Educação (UFRGS, 2010-2011). No CNPq é bolsista de Desenvolvimento Tecnológico no Programa de Tecnologia da Informação e Comunicação (2017-2020), foi bolsista de Desenvolvimento Tecnológico e Industrial na área Aeroespacial (2015-2017), e foi bolsista de Extensão Inovadora junto ao Ministério das Comunicações (2010-2011). Coordenou Encomenda Tecnológica do CNPq para pesquisa e desenvolvimento de softwares para gerenciamento de projetos de inovação da Setec/MEC (2014-2016). Participou da concepção e implantação do PICG e atuou em seu PMO (2015-2016). Foi membro do grupo de trabalho para Políticas de Inovação e Internacionalização da Rede Federal de Educação Tecnológica, junto ao Núcleo Estruturante de Políticas de Inovação (NEPI/Setec/MEC, 2013-2016). É instrutor da Escola Superior de Guerra (ESG, 2015- ). Um dos autores do livro Beautiful Code, da O'Reilly, traduzido em diversas línguas e Best Computing Book 2007. Founder Member do IEEE SMC Society Technical Committee on Enterprise Information Systems, foi Chair da IFIP Confenis 2010 e Program Chair da Confenis 2011 (Qualis A1 Internacional, Engenharias III). Foi Associated Editor do periódico Enterprise Information

Systems - tendo participado de sua criação (2007-2011), membro dos conselhos e revisor de diversos outros periódicos nacionais e internacionais. É julgador de projetos para agências de fomento e instituições nacionais e estrangeiras, e participou de diversas bancas para seleção e promoção de professores e pesquisadores, inclusive no exterior. Co-fundador (2012) e pesquisador do CRSEA, foi membro do Critical Design Review Committee da missão espacial internacional QB50 (2014-2015). Organizador do livro Nano-Satellites: Space and Ground Technologies, Operations and Economics, a ser publicado pela Wiley (2018). Atua de maneira interdisciplinar na Computação aplicada às Engenharias, possuindo duas patentes concedidas e outras duas depositadas; publicou mais de cem artigos e capítulos de livros e orientou mais de uma centena de alunos em diferentes níveis, cursos e instituições. É fundador e coordenador do Núcleo de Computação Científica (NC2), equipe com histórico de 16 anos de desenvolvimento de softwares em uso em diversos países, por empresas, órgãos governamentais, grupos de pesquisa, cursos de graduação e pós-graduação e citados em livro de referência da área de testes de software. Possui experiência na gerência de projetos de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação de longa duração, em parceria com instituições e empresas brasileiras e estrangeiras.

### **ROSIANE GONÇALVES DOS SANTOS.**

Bacharel em Engenharia de Produção pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais - Campus Bambuí, Especialista em Lean, discente do III módulo em Técnico em Segurança do Trabalho.

### **SANDRO ALISSON NERIS DOS SANTOS**

Graduando em Design pela Universidade Federal de Alagoas - Ufal. Estagiário da Assessoria de Comunicação - ASCOM - UFAL. Colaborador do Projeto: Bordado Filé: Design, Ergonomia e Inovação.

### **SAULO FONSECA SOARES**

Graduando em Engenharia de Produção pelo Centro Universitário de Patos de Minas – UNIPAM (2014 – atual). Possui experiência em pesquisas científicas nas áreas de Engenharia da Qualidade, Gestão por Processos.

### **SIMONE CORREIA DE LIMA**

Graduada em Engenharia de Produção pelo Centro Universitário Maurício de Nassau(2017). Possui artigos publicados nos Anais do SIMEP e ENEGEP 2016 e 2017. Foi aluna de iniciação científica e atualmente é supervisora de produção.

### **STEFFANE LUIZA COSTA NEVES**

Graduanda em Design Bacharelado da Universidade Federal de Alagoas (UFAL). Atualmente é bolsista da Pinacoteca Universitária, pesquisadora do projeto de extensão: A renda filé: design, ergonomia e inovação; do Programa Círculos Comunitários de Atividades Extensionistas (PROCCAEXT) e integrante do Laboratório de Experimentação em Design (LED).

### **STELLA JACYSZYN BACHEGA**

Possui doutorado e mestrado em Engenharia da Produção na Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) e graduação em Administração pela Universidade Federal de Lavras (UFLA). Atualmente é docente em regime 40h dedicação exclusiva na Universidade Federal de Goiás - Regional Catalão. Dentre as áreas de atuação em ensino, pesquisa e extensão, estão: pesquisa operacional, sistemas e tecnologia da informação, gestão de operações, sustentabilidade e administração. Realiza pesquisas que proporcionem abordagens

transversais envolvendo duas ou mais das seguintes áreas: administração de setores específicos, engenharia de produção, computação, ambiental, estatística e automação. Ainda, é líder do Grupo de Estudos em Modelagem e Simulação-GEMS.

#### **THIAGO BITTENCOURT LEITE**

Formado em Engenharia de Produção Mecânica pela Universidade de Taubaté (2009). Tem experiência na área de Engenharia Industrial.

#### **UBERLANY FREIRE DAMASCENA**

Graduanda em design pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte e Técnica em Estradas pelo Instituto Federal do Rio Grande do Norte.

#### **WELLESON FEITOSA GAZEL**

Graduação em Administração (2006), Licenciatura em Pedagogia (2017), MBA em Logística Empresarial (2009), MBA em Gestão e Docência no Ensino Superior (2013) e MBA em Gerenciamento de Projetos (2017), Especialista em Administração de Empresas (2016), Mestre em Engenharia da Produção (2014), Mestre em Administração de Empresas (2017). Doutorando em Engenharia de Produção na Universidade Paulista UNIP (2017).

#### **WESLEY GOMES FEITOSA**

Professor de Ensino Superior da Laureate International Universities (UNINORTE). Possui Graduação em Engenharia Civil (UNINORTE). Possui Licenciatura Plena em Matemática (MIN.DEF-EB/2º Gpt E /CIESA). Possui especializações em: Educação Matemática, Ensino de Matemática, Ensino profissionalizante em Educação de Jovens e Adultos, Gerenciamento de Projetos em Educação Tecnológica. Possui MBA em Gestão da Produção (UFAM). Possui Mestrado Profissionalizante em Engenharia da Produção (UFAM). Atualmente é Doutorando em Ciências da Educação pela Universidad Columbia del Paraguay (UCP-Paraguay). Atualmente cursa Engenharia de Segurança do Trabalho (UNINORTE).



Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-93729-95-9



9 788593 729959