

Engenharia Multidisciplinar

Glauber Túlio Fonseca Coelho
[organizador]

2020


Pascal
Editora

2
VOLUME

GLAUBER TULIO FONSECA COELHO
(Organizador)

ENGENHARIA
MULTIDISCIPLINAR

VOLUME 2

EDITORA PASCAL
2020

2020 - Copyright© da Editora Pascal

Editor Chefe: Prof. Dr. Patrício Moreira de Araújo Filho

Edição e Diagramação: Eduardo Mendonça Pinheiro

Edição de Arte: Marcos Clyver dos Santos Oliveira

Bibliotecária: Rayssa Cristhália Viana da Silva – CRB-13/904

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

Dr^a. Sinara de Fátima Freire dos Santos

Dr^a. Ildenice Nogueira Monteiro

Dr^a. Selma Maria Rodrigues

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

E57gl

Coletânea Engenharia Multidisciplinar / Glauber Tulio Fonseca Coelho (Org.). — São Luís - Editora Pascal LTDA, 2020.

180 f.; il. – (Engenharia Multidisciplinar ; v. 2)

Formato: PDF

Modo de acesso: World Wide Web

ISBN: 978-65-86707-22-9

D.O.I.: 10.29327/521945

1. Engenharias. 2. PCP. 3. Gestão da Qualidade. 4. Ergonomia. 5. Miscelânea. I. Coelho, Glauber Túlio Fonseca.

CDU: 82-8

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

2020

www.editorapascal.com.br

contato@editorapascal.com.br

APRESENTAÇÃO

Os engenheiros não ficam olhando para trás - eles fazem as coisas acontecerem. Usando inovação, criatividade e conhecimento, os graduados em engenharia estão impactando o mundo como nenhum outro.

O mundo está mudando e os engenheiros são os responsáveis por grande parte desse desenvolvimento. A maioria dos serviços e produtos de hoje tem algum elemento de engenharia envolvido em sua concepção, pelo menos, abrindo caminho para vidas longas, gratificantes e saudáveis para as pessoas influenciadas por eles.

Os engenheiros devem ser críticos, mas criativos; curioso, ainda capaz; bem como pronto para lidar com o mundo em constante mudança. A ampla variedade de disciplinas que se enquadram no título de engenharia significa que, independentemente do interesse do aluno em potencial, haverá uma faceta do setor que eles acharão atraente e envolvente. Seja na engenharia civil, elétrica, química ou mecânica, ambientando-se no de mexer, criar, projetar ou construir, o setor de engenharia precisa ter seus estudos publicados.

O portfólio de engenharia não tem limites, mas essas pessoas estão trabalhando para o mesmo objetivo comum: construir um mundo sustentável. Tudo o que você deseja contribuir para a sociedade por meio de sua dedicação à engenharia, nada se compara ao conhecimento de que você alcançou algo que impactou a vida das pessoas para melhor. Esperamos que estes trabalhos, de alguma forma, convide a alguma reflexão acerca da tecnologia.

Boa Leitura !

Glauber Tulio Fonseca Coelho

Sumário

CAPÍTULO 1 8

MODELAGEM MATEMÁTICA DA SECAGEM DE PINHÃO EM CAMADA FINA

Célia Maria Rufino Franco
Isaac Ferreira de Lima
Aluizio Freire da Silva Júnior
Ivo Dantas de Araújo

CAPÍTULO 2..... 20

UMA ANÁLISE SOBRE AS DIRETRIZES QUE COMPÕEM A AUDITORIA AMBIENTAL NO ESTADO DO MARANHÃO

Liana Mara Lemos dos Santos Rodrigues

CAPÍTULO 3..... 34

PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO: OTIMIZADOR DE RESULTADOS ORGANIZACIONAIS

Jaciara Mendonça Mariano

CAPÍTULO 4..... 47

IMPORTÂNCIA DA LUBRIFICAÇÃO INDUSTRIAL

David Allisson Vieira Martins

CAPÍTULO 5..... 64

INTELIGÊNCIA ANALÍTICA DISPONDO DO APRENDIZADO DE MÁQUINA PARA MELHOR PERFORMANCE

Deborah Thais Alves Magalhães

CAPÍTULO 6..... 77

EXTRAÇÃO E IDENTIFICAÇÃO DOS CURCUMINÓIDES OBTIDOS DO RIZOMA DO AÇAFRÃO (*Curcuma longa* L.)

Amanda Fernandes Florencio
Bárbara Marques Lima
Isabela Vicente
Vinicius Viotto de Souza
Maira Akemi Casagrande Yamato
Melina Aparecida Plastina Cardoso
Jorge Luis Costa

CAPÍTULO 7..... 85

A PROPORÇÃO ÁUREA E AS CÔNICAS NA ENGENHARIA

Symon Igor Pinheiro da Silva Lima

Amanda Kaline Santos Benigno

George Tavares da Silva

CAPÍTULO 8..... 100

IMPACTOS AMBIENTAIS CAUSADOS PELOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Raimundo Compasso Mota Junior

CAPÍTULO 9 112

ENGENHARIA E MANUTENÇÃO EM AEROGERADORES

Ewerton Vaz Lima

CAPÍTULO 10..... 127

GERENCIAMENTO E CONTROLE DE ESTOQUE NAS ORGANIZAÇÕES

Matheus Macedo Barroso

Matheus Pacheco da Silva

Nadya Galvão Maciel

Sarah Letícia Correa Sousa

CAPÍTULO 11 147

O USO DA GALVANIZAÇÃO A FRIO NAS ARMADURAS DO CONCRETO ARMADO CONTRA OS EFEITOS DA CORROSÃO POR ÍONS CLORETO

Marcones Mendes de Sa

Renata Medeiros Lobo Muller

Danielle Cristina dos Santos Lisboa

Lucas Nadler Rocha

Claudemir Gomes de Santana

Pedro Lucas Nascimento

CAPÍTULO 12..... 163

JOGO DA MEMÓRIA PARA AUXÍLIO À PESSOAS COM DIFICULDADE DE MEMÓRIA OU ALZHEIMER

Vinicius dos Santos Bandoch

Matheus Freire Drulla

Kauam da Silva Costa

Matheus Galeazzi Zequin

Ederson Cichaczewski

CAPÍTULO 1

MODELAGEM MATEMÁTICA DA SECAGEM DE PINHÃO EM CAMADA FINA

MATHEMATICAL MODELING OF DRYING OF THIN LAYER PINHÃO

Célia Maria Rufino Franco

Isaac Ferreira de Lima

Aluizio Freire da Silva Júnior

Ivo Dantas de Araújo

Resumo

Neste estudo estimou-se a variação da umidade no interior de pinhões (sementes da *Araucaria angustifolia*) durante o processo de secagem em camada fina. Para tanto, foi proposto um modelo matemático que considera a equação de difusão bidimensional em coordenadas cilíndricas com propriedades termofísicas constantes. Considerou-se condição de contorno convectiva e o pinhão foi representado por um cilindro. O modelo foi resolvido através do método de separação de variáveis. Foi utilizado um código computacional em linguagem Fortran para realização das simulações. A solução da equação de difusão foi ajustada aos dados experimentais de secagem de pinhão na temperatura de 70°C. Os parâmetros termofísicos foram obtidos por processo de otimização. O modelo utilizado fornece a distribuição do teor de umidade no interior do produto e pode ser aplicado para estabelecer condições ótimas ao processo de secagem. De acordo com os parâmetros estatísticos, verificou-se que o modelo é adequado para descrever a secagem de pinhão em camada fina.

Palavras chave: Equação de difusão, Modelagem matemática, Secagem.

Abstract

In this study it was estimated the variation of moisture inside pinhões (seeds of *Araucaria angustifolia*) during the drying process in thin layer. For this purpose, a mathematical model was proposed that considers the 2-D diffusion equation in cylindrical coordinates with constant thermo-physical properties. Convective boundary condition was considered and the pinhão was represented by a cylinder. The model was solved using the variable separation method. One Code in Fortran language was used to carry out the simulations. The solution of the diffusion equation was fitted to the experimental data of drying pinhão at a temperature of 70°C. The thermophysical parameters were obtained by the optimization process. The used model provides the moisture content distribution inside the product and can be applied to establish optimal conditions for the drying process. According to the statistical parameters, it was found that the model is suitable to describe the drying of thin layer pinhão.

Key-words: Diffusion equation, Mathematical modeling, Drying.



1. INTRODUÇÃO

Desde a antiguidade, a desidratação era usada na conservação de alimentos bem como a secagem de cereais pela ação do sol e do vento. As técnicas dos processos foram repassadas de geração para geração através dos conhecimentos adquiridos com os antepassados, e melhoradas gradativamente. Operações de desidratação ou secagem são importantes processos nas indústrias químicas e de alimentos, como também no armazenamento de grãos e outros produtos biológicos (FIOREZE, 2003).

Pinhão é a semente de uma árvore bem brasileira, o pinheiro (*Araucaria angustifolia*), encontrado predominantemente no Sul do país. Em São Paulo, é comum nas cidades serranas como Campos do Jordão. Segundo Amarante et al. (2007), a temperatura e a umidade de armazenamento são os principais determinantes da preservação pós-colheita de pinhões. O processo de secagem inviabiliza o desenvolvimento de microrganismos, deste modo retardando as deteriorações de natureza físico-químicas e enzimáticas. No âmbito do consumo doméstico, a farinha de pinhão é amplamente utilizada, já que as sementes são ricas em amido, proteínas e lipídios (CAPELLA, 2008).

Diferente das sementes ortodoxas, a característica recalcitrante do pinhão interfere na sua capacidade de germinação após o processo de secagem, dificultando seu armazenamento. Essa característica dificulta programas de reflorestamento e de conservação da espécie. Com o objetivo de analisar o processo de secagem das sementes da *Araucaria angustifolia*, um modelo matemático foi utilizado para descrever a distribuição do teor de umidade durante o processo.

A análise do processo de secagem passa pela realização de experimentos e pelo desenvolvimento de modelos matemáticos capazes de prever a evolução da temperatura e da umidade, tanto do ar que envolve o meio, como do próprio produto, fornecendo subsídios para seu controle. Este controle é necessário para proporcionar condições ótimas ao processo, minimizando as perdas do produto e o consumo de energia.

A difusão de massa é encontrada em vários processos de interesse tecnológico, incluindo a secagem de produtos agrícolas. O processo de secagem envolve transferência de calor e massa (umidade) entre um produto higroscópico e o ar de secagem (BROOKER et al., 1992, FIOREZE, 2003). O modelo matemático adequado para descrever esses fenômenos envolve a solução da Equação de Difusão. Se a variável de interesse é a temperatura, tem-se um problema de difusão de calor. Por outro lado, se a variável de interesse é o teor de umidade de um determinado produto higroscópico, configura-se um problema de difusão de massa. Da mesma forma que um gradiente de temperatura é necessário para a transferência de calor, um gradiente de concentração de umidade é necessário para o transporte de água.



O desenvolvimento de modelos matemáticos requer a necessidade de se estabelecer certas hipóteses na descrição do processo físico. Estas hipóteses estão relacionadas, dentre outros fatores, com as condições de contorno, com os parâmetros de transporte, e com a geometria do corpo dentro do qual ocorre o transporte de matéria ou energia. O modelo matemático para transferência de massa abordado neste trabalho é baseado na teoria de difusão líquida no interior de sólidos, isto é, a difusão mássica ocorre no sentido da diminuição de concentração (umidade) e a água migra apenas na fase líquida.

Neste trabalho, considerou-se condição de contorno de terceira espécie que leva em conta o fluxo convectivo resultante da transferência de massa entre a superfície do produto (aproximado por um cilindro) e o ar de secagem. A solução analítica da Equação de Difusão bidimensional em coordenadas cilíndricas foi utilizada para descrever processo de secagem de pinhão. Foi realizado um processo de otimização para obter valores ótimos dos coeficientes de transporte e a distribuição do teor de umidade no interior do produto foi simulada.

2. METODOLOGIA

2.1 Metodologia Experimental

Nesta pesquisa, foram utilizados pinhões (sementes da *Araucaria angustifolia*) adquiridas em um mercado localizado na cidade de Campos do Jordão, estado de São Paulo. As sementes foram armazenadas em saco plástico hermético totalmente fechado e transportadas até o local de realização dos experimentos. Foram realizados dois experimentos: no primeiro considerou-se as sementes com casca e no segundo as sementes sem casca. O estudo experimental ocorreu durante o mês Abril de 2018. As secagens foram realizadas em uma estufa de circulação e renovação de ar no Laboratório de Bromatologia (LABROM) localizado no Centro de Educação e Saúde da UFCG (campus Cuité).

Antes de iniciar os experimentos, as sementes foram selecionadas de forma que tivessem dimensões semelhantes. Três peneiras, contendo aproximadamente 91g de pinhão, foram colocadas simultaneamente na estufa com temperatura do ar de secagem pré-ajustada de 70°C. A perda de massa foi medida pelo método gravimétrico em três repetições. O progresso do processo de secagem foi seguido pesando as peneiras contendo pinhão em intervalos regulares em uma balança digital com escala de precisão $\pm 0,001$ g.

O produto foi pesado em intervalos de tempo de 5 min, no início da secagem, até cerca de 1 h no final do processo. Para determinar o teor de umidade de equilíbrio, a secagem ocorreu até que a massa atingisse seu valor de equilíbrio. Após a secagem, as amostras foram colocadas em estufa a temperatura de 105°C e mantidas por 24 horas, para medição da matéria seca.



Figura 1 – Bandeja com pinhões (sementes da *Araucaria angustifolia*) *in natura* com casca
Fonte: Autores

2.2 Metodologia Matemática

A fim de descrever o processo de secagem de sementes de pinhão, considerou-se os fluxos nas direções radial e axial. Assim, a equação de difusão bidimensional em coordenadas cilíndricas é da forma (LUIKOV, 1986; CRANK, 1992):

$$\frac{\partial}{\partial t}(M) = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(rD \frac{\partial M}{\partial r} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(D \frac{\partial M}{\partial z} \right) \quad (1)$$

onde M denota o teor de umidade em base seca, D é o coeficiente de difusão de massa do material, r e z são as coordenadas da posição e t é o tempo.

A solução analítica da equação (1) foi obtida para condição de contorno de terceira espécie, que leva em conta o fluxo convectivo resultante da transferência de massa entre a superfície do produto (aproximado por um cilindro) e o ar de secagem. Para tanto, considerou-se as seguintes hipóteses: as dimensões do material não variam durante a difusão de massa; a distribuição inicial de umidade deve ser uniforme; a difusão é o único mecanismo de transporte dentro do material; o material é considerado homogêneo e isotópico; a difusão efetiva de massa não varia durante o processo; o coeficiente de transferência convectiva de massa é constante durante a difusão de massa; o processo é considerado isotérmico.

O domínio em estudo consiste de um cilindro de comprimento L e raio R e supondo que existe uma simetria em relação ao eixo central e outra radial em relação ao centro (Figura 2).

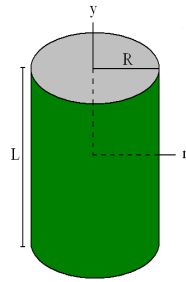


Figura 2 – Cilindro finito de comprimento L e raio R
Fonte: Autores

O cilindro finito pode ser considerado como a interseção do cilindro infinito com a parede infinita, como mostra a Figura 3.

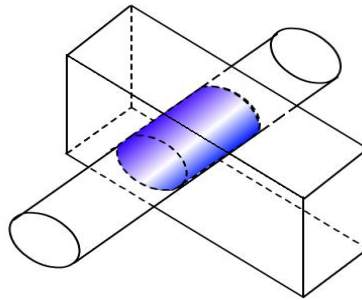


Figura 3 – Interseção do cilindro infinito com a parede infinita
Fonte: Autores

A condição de simetria, condição de contorno do terceiro tipo e condição inicial para $0 < r < R$ e $-L/2 < y < L/2$, são estabelecidas como segue:

$$\left. \frac{\partial M}{\partial y} \right|_{y=0} = 0, \quad \left. \frac{\partial M}{\partial r} \right|_{r=0} = 0 \quad \text{e} \quad M(0, y, t) \neq \infty \quad (2)$$

$$\begin{cases} -D \left. \frac{\partial M(r, y, t)}{\partial r} \right|_{r=R} = h [M(r, y, t)|_{r=R} - M_{eq}] \\ -D \left. \frac{\partial M(r, y, t)}{\partial y} \right|_{y=\pm L/2} = h [M(r, y, t)|_{y=\pm L/2} - M_{eq}] \end{cases} \quad (3)$$

$$M(r, y, 0) = M_0 \quad (4)$$

onde M_0 e M_{eq} denotam os teores de umidade inicial e de equilíbrio, respectivamente. A solução da Equação (1) com as condições (2), (3) e (4) é o produto das soluções da parede infinita com a do cilindro infinito (LUIKOV, 1986; CRANK, 1992):

$$M^*(r, y, t) = \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{m=1}^{\infty} A_n C_m J_0 \left(\mu_n \frac{r}{R} \right) \cos \left(\mu_m \frac{y}{L/2} \right) e^{-D \left(\frac{\mu_n^2}{R^2} + \frac{\mu_m^2}{(L/2)^2} \right) t} \quad (5)$$

onde, $M^* = \frac{M - M_{eq}}{M_0 - M_{eq}}$. O coeficiente A_n é da solução do cilindro infinito, $A_n = \frac{2Bi_1}{J_0(\mu_n) \cdot [\mu_n^2 + Bi_1^2]}$ na qual são as raízes da equação característica: $BiJ_0(\mu_n) - \mu_n J_1(\mu_n) = 0$ e $Bi_1 = \frac{hR}{D}$. O termo C_m é da solução da parede infinita, $C_m = \frac{4\text{sen}(\mu_m)}{2 \cdot \mu_m + \text{sen}(2\mu_m)}$, onde são as raízes da equação $\text{cotg}(\mu_m) = \frac{\mu_m}{Bi_2}$ e $Bi_2 = \frac{hL/2}{D}$

Para que se possa obter informações sobre o valor de grandeza de interesse em todo o material, ao longo do processo, faz-se necessário o valor médio da grandeza de interesse. O valor médio é calculado por:

$$\bar{M}^* = \frac{1}{V} \int_V M^* dV \quad (6)$$

onde V é o volume do cilindro. Substituindo a Equação (5) na Equação (6), obtém-se:

$$\bar{M}^* = \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{m=1}^{\infty} B_n F_m e^{-D \left(\frac{\mu_{n,1}^2}{R^2} + \frac{\mu_{m,2}^2}{(L/2)^2} \right) t} \quad (7)$$

$$\text{onde } B_n = \frac{4Bi_1^2}{\mu_n^2(\mu_n^2 + Bi_1^2)} \quad \text{e} \quad F_m = \frac{2Bi_2^2}{\mu_m^2(Bi_2^2 + Bi_2 + \mu_m^2)} .$$

Foi realizado um processo de otimização para obter valores ótimos dos coeficientes de transporte, utilizando-se o software Convective (SILVA e SILVA, 2009).



3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Informações sobre os teores de umidade inicial e de equilíbrio dos pinhões obtidos nos dois experimentos (com casca e sem casca) são apresentadas na Tabela 1.

Característica do Pinhão	T (°C)	M₀ (b.s.)	M_{eq} (b.s.)
Com casca	70	0,8115	0,0691
Sem casca	70	0,9529	0,0612

Tabela 1 – Teores de umidade inicial e de equilíbrio do pinhão.

Fonte: Autores

Os resultados obtidos dos teores de umidade médio adimensional (\bar{M}^*), para secagem de pinhão com casca e sem casca são apresentados na Figura 4. No início do processo a água evaporada é água livre e a secagem ocorre de forma mais rápida. A medida que a secagem prossegue e tenha passado pelo ponto de umidade crítica (a superfície do produto já está seca), ocorre uma redução da migração de umidade do interior para a superfície do produto e, conseqüentemente, a velocidade do processo é reduzida. Neste período, a transferência de calor não é equivalente à transferência de massa. A temperatura do produto supera a temperatura de bulbo úmido até atingir a temperatura do ar de secagem ou temperatura de bulbo seco. Finalmente, a secagem ocorre no interior do produto e o teor de umidade de equilíbrio é atingido quando a quantidade de água evaporada se iguala à quantidade condensada (REEDS, 1991; BROOKER et al., 1992; SILVA, 2008).

Observa-se, na Figura 4, que até aproximadamente 645 min do processo, os pinhões com casca secaram mais rápido. A partir deste instante, houve um aumento na taxa de secagem das sementes sem casca, o que pode ser justificado pelo fato do teor de umidade inicial ser maior e também pela ausência da casca que facilita o processo de secagem. Shei e Chen (2002) e Franco (2016) verificaram para grãos de arroz que nas mesmas condições do ar de secagem, quanto maior o teor de umidade inicial maior será a velocidade de secagem. Segundo Capella (2008) e Martim et al. (2019) a casca protege o pinhão tanto na perda como no ganho de água, o que influencia a dinâmica da secagem.

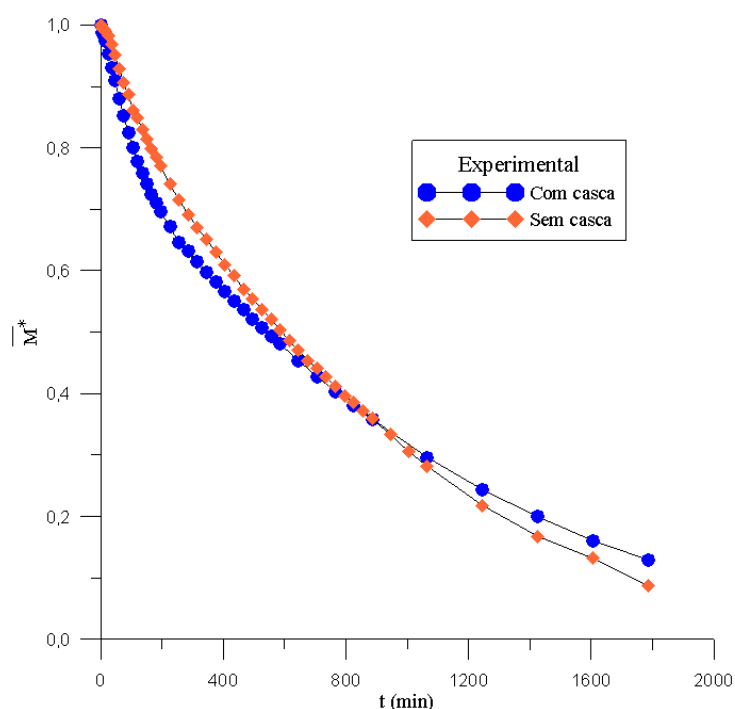


Figura 4 – Teor de umidade médio adimensional dos pinhões durante a secagem a 70°C
Fonte: Autores

Nas Tabelas 2 e 3 é apresentada a média das dimensões de 10 (dez) pinhões com casca e sem casca, obtidas com o produto úmido *in natura* e após o processo de secagem na temperatura de 70°C.

Dimensões	Antes da secagem			Após a secagem		
	Largura (a)	Altura (b)	Espessura (c)	Largura (a)	Altura (b)	Espessura (c)
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
Média	22,349	55,451	17,113	22,152	55,01	16,121
Desvio padrão	1,1681	3,9072	2,2363	1,4708	3,8553	2,0239

Tabela 2 – Dimensões das sementes com casca.
Fonte: Autores

Dimensões	Antes da secagem			Após a secagem		
	Largura (a)	Altura (b)	Espessura (c)	Largura (a)	Altura (b)	Espessura (c)
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
Média	18,14	36,9767	13,7953	14,74	29,6533	11,2933
Desvio padrão	0,9469	2,7893	1,4807	1,5877	2,6497	1,1276

Tabela 3 – Dimensões das sementes sem casca.
Fonte: Autores

A solução da Equação de Difusão para geometria cilindro finito e condição de contorno de terceira espécie foi ajustada aos dados experimentais de secagem de semente sem casca na temperatura de 70°C. Na simulação numérica foram utilizadas as dimensões da semente úmida *in natura* sem casca para obter as dimensões

equivalentes do cilindro finito: $L = 36,97$ mm e $R = \frac{a + c}{4} = 7,98$ mm.

A Figura 5 mostra a comparação entre os valores simulados e experimentais do teor de umidade médio adimensional dos pinhões sem casca durante a secagem na temperatura de 70°C. O coeficiente de difusão e o coeficiente de transferência de massa convectivo foram obtidos e alguns parâmetros estatísticos que medem a qualidade do ajuste do modelo aos dados experimentais são dados na Tabela 4. Para tanto, utilizou-se o *software* Convective (SILVA e SILVA, 2009).

$D[m^2/min]$	Bi	$h[m/min]$	χ^2	r^2
$3,5305 \times 10^{-8}$	1,075	$4,9099 \times 10^{-6}$	$5,7362 \times 10^{-3}$	0,9982

Tabela 4 – Parâmetros obtidos com as simulações da secagem de pinhão sem casca.
Fonte: Autores

Observa-se que o número de Biot ($Bi = \frac{hR}{D}$) para transferência de massa obtido neste trabalho é relativamente baixo, o que confirma a existência de uma resistência ao fluxo de massa na superfície do pinhão.

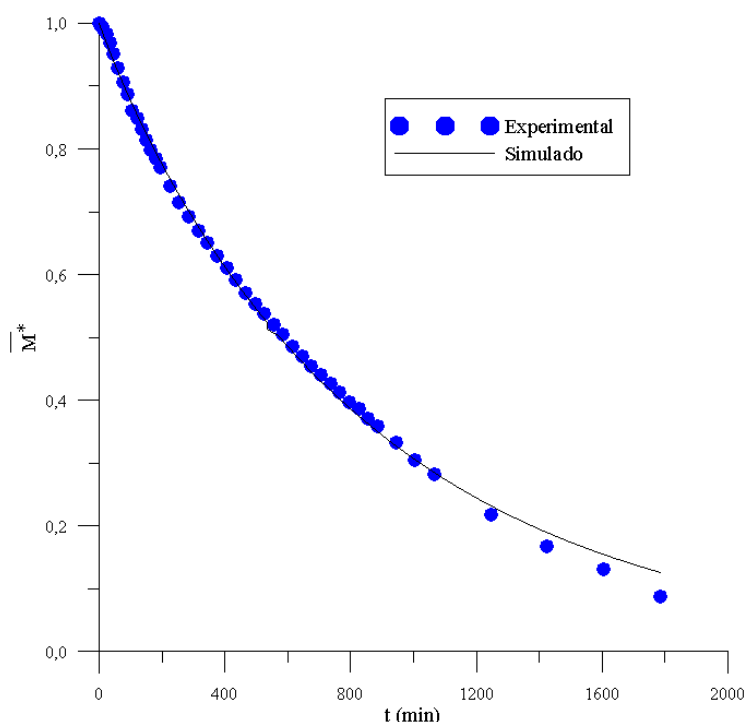


Figura 5 – Comparação entre os teores de umidade médio adimensional teórico e experimental durante a secagem de pinhão sem casca na temperatura de 70°C.
Fonte: Autores

Na Figura 6 é apresentada a distribuição de umidade no interior do produto para alguns tempos fixados na posição $L/2$, isto é, no centro do pinhão. Utilizou-se o *software* descrito em Silva Junior (2018). Tem sido amplamente reconhecido que os gradientes de umidade desempenham um papel importante no surgimento de danos ao produto durante o processo de secagem. É possível observar pequenos gradientes de umidade na superfície do produto durante o processo de secagem na temperatura de 70°C, em $t = 357$ min e $t = 714$ min. Embora a temperatura do ar de secagem seja relativamente alta (70°C), observa-se distribuição do teor de

umidade predominantemente uniforme durante o processo, o que pode justificar os resultados obtidos por Capella (2008): menores perdas em relação aos teores de fibra alimentar e lipídios na farinha de pinhão foram observadas com o aumento da temperatura do ar de secagem.

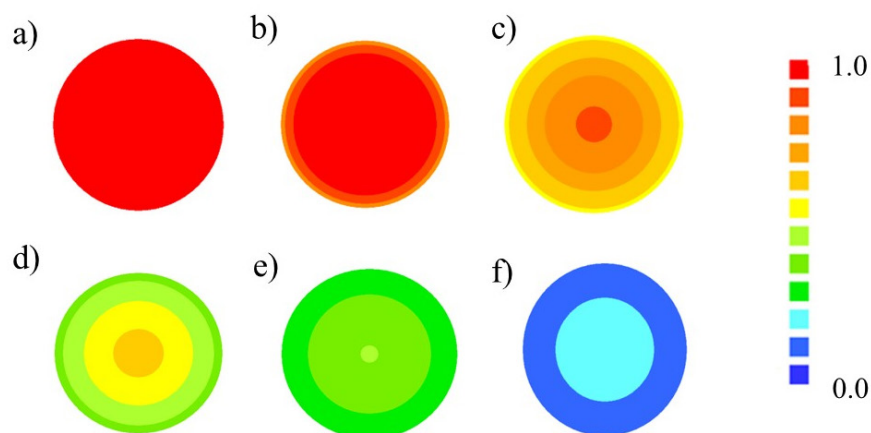


Figura 6 – Distribuição do teor de umidade no centro do pinhão sem casca durante a secagem na temperatura de 70°C para vários instantes de tempo: (a) $t = 17,85$ min (b) $t = 53,55$ min (c) $t = 357$ min (c) $t = 714$ min (d) $t = 1071$ min (e) $t = 1785$ min
Fonte: Autores

4. CONCLUSÃO

Este trabalho permitiu estudar processo de difusão de massa em regiões cilíndricas, com particular referência à secagem de pinhão. De acordo com os indicadores estatísticos, o modelo de difusão utilizado descreve bem os dados experimentais de secagem de pinhão. Foi possível estimar o coeficiente de difusão de massa e o coeficiente de transferência de massa convectivo do produto. O modelo de difusão utilizado permitiu simular a distribuição de umidade e identificar possíveis gradientes de umidade, que podem alterar as propriedades físicas e químicas do produto e, conseqüentemente, seu valor nutricional. Observou-se distribuição de umidade uniforme durante o processo de secagem de pinhão e, portanto, outras técnicas e condições operacionais de secagem podem ser testadas com objetivo de acelerar o processo e estabelecer condições ótimas para que se tenha economia de energia e produto de alta qualidade.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao programa PIBIC/CNPQ-UFCG. O presente trabalho foi realizado com o apoio do CNPq, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - Brasil.

Referências

- AMARANTE, C.V.T., MOTA, C. S., MEGGUER, C. A., IDE, G. M. Conservação pós-colheita de pinhões [sementes de *Araucaria angustifolia* (Bertoloni) Otto Kuntze] armazenados em diferentes temperaturas. **Ciência Rural**. Santa Maria. v. 37, n. 2, p. 346-351, 2007.
- BROOKER, D. B.; BAKKER-ARKEMA, F. W.; HALL, C. W. **Drying and storage of grains and oilseeds**. New York: The AVI Publishing Company, 1992. 450 p.
- CAPELLA, A.C.V. **Farinha de Pinhão (*Araucaria angustifolia*): Composição e Estabilidade do Gel**. Dissertação (Mestrado). Mestrado em Tecnologia de Alimentos, Curso de Pós Graduação em Tecnologia de Alimentos do Setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná. 2008.
- CRANK, J. **The mathematics of diffusion**. New York: Oxford Science Publications, 1992.
- FIOREZE, R. **Princípios de secagem de produtos biológicos**. João Pessoa: Editora Universitária/UFPB, 2003. 229 p.
- FRANCO, C. M. R.; LIMA, A. G. B.; SILVA, J. V.; NUNES, A. G. Applying liquid diffusion model for continuous drying of rough rice in fixed bed. **Defect and Diffusion Forum**, v. 369, p. 152-156, 2016.
- LUIKOV, A. V. **Analytical heat diffusion theory**. New York and London: Academic Press, 1968.
- MARTIM, C. C., SILVA, S.G., FERNEDA, B.G., LUZ, E.G., JUSTI, J. Curva de Secagem e Contração Volumétrica para o Pinhão da Araucária (*Araucária angustifolia*). **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.16 n.30; p. 163-173, 2019.
- REEDS, J. S. **Drying**, ASM International Handbook Committee, p. 131-134, 1991.
- SHEI, H. J., CHEN, Y. L. Computer simulation on intermittent drying of rough rice, **Drying Technology**, v. 20, n. 3, p. 615-636, 2002.
- SILVA JUNIOR, A. F.; SILVA, W. P. **Desidratação osmótica e secagem complementar de fatias de banana: desenvolvimento de ferramentas numéricas e computacionais**. Novas Edições Acadêmicas: Beau Bassin, 2018.
- SILVA, J. S. **Secagem e armazenagem de produtos agrícolas**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2008.
- SILVA, W. P.; SILVA, C. M. D. P. S. **Convectivo - Adsorção e Dessorção**, Versão 2.2 (2009), online, disponível no seguinte sítio: <http://zeus.df.ufcg.edu.br/labfit/Convective.htm>, acesso em 05/09/2018.



CAPÍTULO 2

UMA ANÁLISE SOBRE AS DIRETRIZES QUE COMPÕEM A AUDITORIA AMBIENTAL NO ESTADO DO MARANHÃO

AN ANALYSIS OF THE GUIDELINES THAT COMPOSE THE
ENVIRONMENTAL AUDIT IN THE STATE OF MARANHÃO

Liana Mara Lemos dos Santos Rodrigues

Resumo

Os processos de auditorias da atualidade estão diretamente ligados a questões ambientais, como se iniciou os processos de auditorias, sua importância, quais as suas primeiras aparições na história, de que forma foi introduzida ao meio ambiente e, o surgimento das primeiras leis norteadoras sobre o assunto no âmbito ambiental, o trabalho apresenta uma análise sobre as diretrizes que compõem a auditoria ambiental no estado do Maranhão, escolhido a partir da importância de se conhecer tais processos, sua chegada ao Brasil e os primeiros passos que foram seguidos, bem como, as aplicações das leis e diretrizes e de que forma tais leis são aplicadas no estado do Maranhão, a pesquisa foi desenvolvida através de revisão literária e contou com a consulta de artigos, livros e dissertações, os resultados foram alcançados e foi possível ter um entendimento sobre importância do estudo desse assunto, pôde-se compreender sobre a auditoria no Maranhão, o órgão responsável por sua aplicação, as normas e a legislação vigente no estado, assim como as diretrizes e os tipos de auditorias que são aplicadas em órgãos, locais e produtos.

Palavras chave: Auditoria, Ambiental, Maranhão, Lei, Brasil

Abstract

Today's audit processes are directly linked to environmental issues, how the audit processes started, their importance, what were their first appearances in history, how was it introduced to the environment, and the emergence of the first guiding laws on the environmental issue, the work presents an analysis of the guidelines that make up the environmental audit in the state of Maranhão, chosen from the importance of knowing these processes, their arrival in Brazil and the first steps that were followed, as well as the application of laws and guidelines and how these laws are applied in the state of Maranhão, the research was developed through a literary review and had the consultation of articles, books and dissertation, the results were achieved and it was possible to have an understanding about the importance of studying this subject, it was possible to understand the audit in Maranhão, the body responsible for its application, the rules and legislation in force in the state, as well as the guidelines and types of audits that are applied in bodies, places and products.

Key-words: Audit, Environmental, Maranhão, Law, Brazil



1. INTRODUÇÃO

De acordo com Philippi Jr (2011), compreende-se que a auditoria ambiental foi adotada a partir da Conferência de Estocolmo na década de 70, sua função era impulsionar as empresas a se adequarem as leis ambientais. Hoje, porém, seus processos podem assumir diversos aspectos, o que irá depender do contexto em que estão sendo realizadas, dessa forma, as auditorias ambientais seguem por diretrizes diversas e não apenas um caminho.

Entendendo que para a auditoria ambiental requer uma rigorosa verificação dos passivos gerados pelas empresas, o estudo de seu cumprimento e aplicação nas organizações do Estado do Maranhão, se torna de grande importância, levando em conta também que a auditoria como um sistema de gestão identifica se tais organizações estão em cumprimento com os requisitos estabelecidos.

A escolha do tema foi a partir da necessidade de entender como estão dispostos os procedimentos a serem adotados quando da realização das auditorias ambientais no Estado do Maranhão, sabendo que tais processos têm diretrizes diversas e que podem ser aplicadas sobre organizações, produtos e locais e que, suas restrições estão contidas em leis Federais, Estaduais e Municipais.

Como objetivo geral desse trabalho, pretende-se discutir os rumos a serem seguidos na auditoria ambiental, também compreender as suas aplicações no estado do Maranhão, tendo como objetivos específicos: conhecer a legislação ambiental e as leis que norteiam a auditoria; demonstrar como está enquadrada a auditoria ambiental do Maranhão no cenário nacional e entender os processos sistemáticos da auditoria ambiental.

O tipo de pesquisa realizada neste trabalho será uma revisão literária, no qual contará com a consulta em artigos científicos, livros e dissertações sobre o tema de forma a buscar o máximo de informações precisas para a aquisição de dados.

2. LEGISLAÇÃO AMBIENTAL

A legislação ambiental foi criada com o objetivo de proteger e disciplinar o uso dos recursos naturais, também chamados de "produtos naturais" tais com: água, solo, floresta, ar e os animais, foi estabelecida porque se percebeu que os recursos naturais estavam cada vez mais escassos e o que se imaginavam como sendo ilimitados, agora passaram a ter uma considerável redução de sua quantidade e uma deterioração de sua qualidade.(MARTINS, 2015).

No que se refere ao alcance do conceito de meio ambiente, sua plenitude vai



além das interações com a natureza e com organismos naturais. Essas interações foram legalmente reconhecidas na lei nº 6.938 de 31 de agosto de 1981 que dispõe da PNMA (Política Nacional do Meio Ambiente), que foi a consolidação do direito ambiental.

De acordo com Azevedo (2014), com a edição da lei nº 6.938/1981, o meio ambiente estendeu-se para além da proteção de organismos naturais, pois também regulou o meio ambiente como sendo “o conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas”, nos termos do inciso I, do artigo 3º.

A partir da PNMA teve-se maior clareza sobre quais deveriam ser os próximos passos a seguir para uma conduta ambientalmente sustentável, pois se referia aos princípios, objetivos e aos instrumentos da política ambiental, e em outubro de 1988 quando a Constituição Brasileira foi promulgada, consolidou o direito ambiental, a Carta Magna marcou esse período. (MARTINS, 2015)

Ainda de acordo com Martins (2015), no artigo 225 da Constituição Brasileira, o meio ambiente é retratado como sendo bem de uso coletivo comum a todos, e é específico ao reforçar que é dever de todos fazer a sua parte para proteger os recursos naturais para as presentes e futuras gerações.

Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações. (BRASIL, 1988)

Com a proteção prevista no artigo 225 da Constituição Federal, foi caracterizado o entendimento do meio ambiente como um bem jurídico de caráter fundamental e passível de proteção, o que já havia sendo tratado à anos na Conferencia Intergovernamental, na Conferência das Nações Unidas e das Comunidades Econômicas Europeias, Conferencia de Praga, Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano e na Conferência de Estocolmo. (AZEVEDO, 2014).

Como esclarece Borges, Rezende e Pereira (2009), depois que o meio ambiente teve tratamento especial, sendo promulgado na lei máxima do país, o que se sucedeu depois, foi uma série de normas apenas para o aperfeiçoamento do direito ambiental, o que caracteriza melhor esse período de aperfeiçoamento desde a edição da Constituição Federal (CF), são as normas principais que tutelam o meio ambiente, são elas: a lei de Crimes Ambientais nº9.985/00, tutela da Águas do Brasil, a lei nº9.433/97, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), e a lei nº9.984/00 que cria a Agência Nacional das Águas (ANA).

Ainda Borges, Resende e Pereira (2009), a criação de boas leis é um importante passo, mas não basta, ela serve apenas como ponto de partida, para se chegar a uma efetividade, é necessário que se estabeleça condições para que se viabilizem



as aplicações das mesmas, como uma infraestrutura adequada, contratação de técnicos especializados e principalmente, recursos financeiros para a concretização dos trabalhos.

Conforme está especificado na Constituição Brasileira no artigo 24, o meio ambiente está previsto como sendo de competência da União, dos estados e do Distrito Federal de forma concorrente, e como competência comum para a União, os estados, o Distrito Federal e os municípios. (BRASIL, 1988)

De acordo com Machado (2009), a concorrência possibilita a iniciativa de legislação por parte dos estados e do Distrito Federal, se a União se mantiver inerte. Podendo esses, exercer-se não só quanto a leis, mas, a decretos, resoluções e portarias, dessa forma para entender essa peculiaridade, os estados poderão exercer uma competência plena, contando que não se exija uma lei federal de forma geral. Essa competência legislativa plena, sofrerá algumas limitações temporais e qualitativas, por exemplo, a norma não poderá tracejar em torno nos interesses do próprio estado, também terá que se ajustar ao que estiver disposto em norma Federal.

2.1 Normas da Auditoria Ambiental

De acordo com Martins (2015) O agravamento de acidentes ambientais que foram provocados em sua maioria pela indústria em várias partes do mundo, fez com que surgissem mecanismos de proteção, e a sua propagação estimulou a criação dos sistemas de gestão ambiental, com um caráter apenas preservativo e a sua adoção era voluntaria tendo a auditoria ambiental como uma de suas principais ferramentas.

Houve grandes mudanças no meio ambiente, com a chegada da indústria, principalmente com o aumento de acidentes ambientais em todo o mundo, a extração dos recursos naturais visava apenas a obtenção de lucro à curto prazo. Com isso, fazia-se necessário a criação de leis para a proteção dos recursos naturais, a auditoria foi adotada como uma proposta no sistema de normas da ISO (International Organization for Standardization) para garantir o cumprimento de tais leis.

Conforme diz Dall'agnol (2008), na década de 60 já se debatia sobre o meio ambiente no chamado Clube de Roma, o crescente aumento na poluição, fez com que fosse elaborado um documento que apresentava variáveis de crescimento econômico, esgotamento dos recursos naturais e aumento da população devido a crescente explosão demográfica.

Somente a partir da década de 70 após à Conferência de Estocolmo as auditorias passaram a ter um âmbito mais ambiental, e em 1992 a ISO (International Organization for Standardization) comunicou o desenvolvimento de uma série de normas de gestão ambiental, que mais tarde se tornariam a ISO 14000, que inclui-



riam as diretrizes para os sistemas de auditoria.(PHILIPPI JR, 2014).

Segundo Barbieri (2011), as normas ISO 14000, foram elaboradas pelo subcomitê 02 do TC 207 da ISO, com a presidência do Instituto de Normalização de dos Países Baixos. As três normas criadas com critérios de auditoria formam: a norma ISO 14010:96 de diretrizes para auditoria ambiental, princípios gerais, a ISO 14011:96 de diretrizes para auditoria ambiental procedimentos de auditoria de sistemas de gestão ambiental e a ISO 14012:96 de diretrizes para auditoria, critérios de qualificação de auditores ambientais. Todas foram publicadas pela ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) e mais tarde foram substituídas pela ISO 19011:2002, também foram substituídas as normas sobre auditoria de gestão de qualidade que faziam parte da ISO 9000.

Ainda segundo Barbieri (2011), a ISO 19011:2002, embora não estabeleça requisitos como a norma 14010:1996 que foi substituída, apresenta orientações sobre princípios de auditorias, realização de auditoria e sistema de gestão de qualidade, gestão de programas, gestão ambiental e sobre as competências, educação e avaliação dos auditores. A sua aplicação pelos usuários pode ser desenvolvida com seus próprios requisitos de auditoria, ou seja, de primeira, segunda ou terceira parte e ainda pode ter sua aplicação interna ou externa.

3. EVOLUÇÃO DA AUDITORIA AMBIENTAL NO BRASIL

De acordo com Borges, Rezende e Pereira (2009), o Brasil tem um modelo de exploração extremamente predatório, que vem desde seu descobrimento até recentemente. Desde que a Coroa Portuguesa desembarcou em território brasileiro, seus movimentos foram de explorar as riquezas naturais que pareciam ser ilimitados, porém, essa imensidão vem perdendo a cada ano a sua vasta área com fins nada nobres, como o desmatamento.

Ainda segundo Borges, Rezende e Pereira (2009), o Brasil incorporou as primeiras leis de proteção ambiental de Portugal, que conseqüentemente seguiu os demais países europeus que já vinham protegendo seus recursos naturais, dessa forma, quando do descobrimento o Brasil, já possuía alguma forma legislação ambiental, a exemplo disso tem a proibição do corte deliberado de árvores frutíferas em 12 de março de 1393.

Segundo Azevedo (2014), a auditoria surgiu como um instrumento a partir da compreensão de gestão ambiental. É identificada como uma ferramenta para gerenciamento e, destina-se principalmente à identificar com antecipação problemas provenientes do desenvolvimento econômico, e também auxilia no controle de ações e procedimentos que possam ocasionalmente causar degradação ambiental.

Para Piva (2007), o sistema ambiental brasileiro, encontra-se em colapso de-

vido as ações agressoras do homem na natureza, e devido às dificuldades da sociedade em reverter o quadro atual, o Estado busca e desenvolve ações ambientais para agir com as políticas públicas econômicas sociais.

Martins (2015), afirma que nas décadas de 1960 e 1970 a legislação ambiental prevalecia sua aplicação pelo estado em licenciamento e sanções legais, só a partir da década de 1980 começou a existir uma tentativa de instrumentos econômicos de cunho preventivo. No início dos anos de 1990, em diversos países do mundo, inclusive no Brasil os governos, passam a adotar a legislação ambiental de forma mais restritiva e começam a introduzir instrumentos preventivos para a gestão ambiental.

A partir dos anos de 1990 o CONAMA (Conselho Nacional de Meio Ambiente), foca as suas resoluções em atividade industriais de petróleo e gás natural. Nesse mesmo período, alguns estados e municípios brasileiros aprovam leis ambientais mais restritivas, para atividades consideradas potencialmente poluidoras.

Ainda de acordo com Piva (2007), no Brasil a auditoria ambiental ainda está no começo e é implantada segundo os padrões já estabelecidos em outros lugares do mundo, tendo os primeiros programas iniciados no final da década de 80 e início da década de 90 com algumas empresas. Após esse período, alguns estados começaram a legislar para tornar obrigatório a realização de auditorias ambientais em alguns setores econômicos.

Alguns dos estados e municípios que estabeleceram a auditoria ambiental obrigatória e periódica foram: Rio de Janeiro com a lei nº1.898/91, Minas Gerais com a lei nº10.627/92, Espírito Santo com a lei nº4.802/93, em Santos com a lei nº790/91 e também em Vitória com a lei nº3.968/93 (AZEVEDO 2014).

Ainda de acordo com Azevedo (2014), o Brasil tem uma participação ativa na implementação e desenvolvimento no sistema ISO 14000, e era um agente ativo nas negociações do GANA (Grupo de Apoio à Normatização Ambiental), que tinha por finalidade, fiscalizar e acompanhar o desenvolvimento dos trabalhos da ISO 14000, foi constituído por diversos setores da economia e órgãos governamentais. Posteriormente, esse grupo foi extinto e substituído pelo Comitê Brasileiro de Normalização em Gestão Ambiental.

Em 1992 o Brasil cria o CONMETRO (Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial) e em 1995, institui a Comissão Técnica de Certificação Ambiental que desenvolveu procedimentos e normas da instituição de um sistema brasileiro de certificação ambiental, sua estrutura de credenciamento obedece as regras da ISO 14001, e é feito pelo INMETRO (Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial), que posteriormente adotou as NBR ISO 14010, 14011 e 14012, que se referiam a auditoria ambiental (AZEVEDO 2014).



De acordo com Martins (2015), atualmente a série ISO 14000 conta com cerca de 30 normas publicadas, a série é de aplicação voluntária e prevê auditorias ambientais e certificação ambiental de acordo com a ISO 14001: 1996. Com a sua publicação adquiriu caráter global e é um comprovante de qualidade ambiental das empresas, usada mundialmente, substituindo algumas normas nacionais do SGA (Sistema de Gestão Ambiental). A ISO 14001, também foi adotada pelo CEN (European Committee for Standardization).

Ainda de segundo Martins (2015), a ISO 14001 foi revisada em 2004, e no ano de 2013, 301.647 unidades de negócios somavam a certificação de qualidade com padrão normativo em 171 países, no Brasil somava 3.695 unidades de negócios. Os objetivos do SGA declarados pela norma ISO 14001 incluem: assegurar conformidade com a política ambiental, incluindo o compromisso com a melhoria contínua e a prevenção da poluição, demonstrar essa conformidade às partes interessadas e buscar certificação ou reconhecimento.

O quadro 1, mostra as normas da série ISO 14000 destinadas ao Sistema de Gestão Ambiental e a norma ISO 19011 destinada à auditoria ambiental.

Quadro 1: Normas da série ISO 14000 e normas da série ISO 19011

INTERNACIONAL			BRASIL			Descrição
COMITÊ ISO/TC 207			COMITÊ ABNT/CB 38			
norma	publicação	revisão	norma	publicação	revisão	
ISO 14001	1996	2004	NBR ISO 14001	1996	2004	Sistema de Gestão Ambiental - Requisitos com Orientações para Uso.
ISO14004	1996	2004	NBR ISO 14004	1996	1998, 2004 e 2005	Sistema de Gestão Ambiental - Diretrizes Gerais sobre Princípios, Sistemas e Técnicas de Apoio
ISO 14010	1996	Cancelada e substituída pela norma ISO 19011 em 2002	NBR ISO 14010	1996	Canceladas e substituídas pela norma NBR ISO 19011 em 2002	Diretrizes para Auditoria Ambiental - Princípios Gerais
ISO 14011	1996		NBR ISO 14011	1996		Diretrizes para Auditoria Ambiental - Procedimentos de Auditoria
ISO 14012	1996		NBR ISO 14012	1996		Diretrizes para Auditoria Ambiental - Critérios de Qualificação para Auditores Ambientais
ISO 19011	2002	2011	NBR ISO 19011	2002	2012	Diretrizes para auditoria de Sistemas de Gestão

Fonte: Martins (2015)

As normas são revisadas como consequência de críticas existentes, e são ana-

lisadas por cada país membro da ISO e seus respectivos comitês. Também pelos comitês ISO envolvidos, que é responsável por analisar, discutir e aprovar as alterações no interesse de atender de forma global, as novas versões publicadas. Esse processo é contínuo e interminável pois cada país ou grupo de países tem suas exigências ambientais. (MARTINS, 2015).

3.1 Auditoria Ambiental no Maranhão

Segundo Piva (2007), não é possível estabelecer um conceito sobre auditoria ambiental, e sim construí-lo de forma genérica, já que as auditorias variam de acordo com as técnicas e metodologias adotadas. Cada setor econômico ou empresa, elege os objetivos e critérios que desejam ser alcançados com a auditoria de acordo com a sua política ambiental.

Rodrigues, Merek e Rosa (2014), conceituam a auditoria ambiental como sendo um instrumento na determinação da natureza e do alcance do impacto ambiental de atividades públicas ou privadas. Ela serve como forma de detectar e informar a real situação em que se encontra a empresa quanto à conformidade com a legislação ambiental, aliado a isso, determinar medidas apropriadas para reduzir as áreas de impacto.

Ainda segundo Rodrigues, Merek e Rosa (2014), a auditoria ambiental está diretamente ligada ao sistema de gestão ambiental nas empresas, que passa por um processo de evolução, devido a credibilidade empresarial que requer responsabilidade e comprometimento com a questão do controle ambiental. A preocupação com a qualidade ambiental, exige que os auditores e técnicos conhecimentos sobre auditoria ambiental, tipos de auditorias, legislação e normas ISO 14000.

A legislação ambiental do estado do Maranhão, se encontra enquadrada na lei nº10.107/2014, no artigo 119 no inciso VI, que trata da coordenação e a realização de auditorias, quando necessárias, em empreendimentos potencialmente poluidores, com o fim de confirmar dados e informações e procedimentos que serão apresentados nos relatórios de monitoramento. (MARANHÃO, 2014)

A resolução CONAMA nº306/2002 também estabelece quais os requisitos mínimos para a realização das auditorias ambientais e delibera sobre a auditoria ambiental como um instrumento para avaliar o grau de eficiência e implementação dos programas e planos no controle da poluição ambiental. (CONAMA, 2002)

De acordo com Barbieri (2011), dentre os diversos objetivos das auditorias ambientais é possível citar o aperfeiçoamento dos sistemas de gestão dos riscos ambientais e o desenvolvimento de bases para a atualização desses recursos e como benefícios tem a melhoria da reputação da empresa na comunidade e com as autoridades ambientais.



Segundo Martins (2015), a ISO 19011, dispõe dos processos sistemáticos da auditoria ambiental, para obter evidências como registros, apresentação de fatos e informações pertinentes aos critérios da auditoria, podendo ser de forma qualitativa e quantitativa, avaliar essas informações com o objetivo de determinar a extensão na qual os critérios da auditoria são atendidos.

No estado do Maranhão existe ainda a portaria nº012/2015 que dispõe os termos adotados e o órgão que irá realizar as auditorias ambientais no estado que nesse caso será a SEMA (Secretaria do Estado do Meio Ambiente e Recursos Naturais) (MARANHÃO, 2015).

Para Phillippi Jr (2014) as auditorias estão sendo cada vez mais aplicadas e compreendidas em um ambiente econômico e extremamente competitivo, a sociedade vem mostrando cada dia mais consciência e exibindo mais preocupações com questões ambientais, e em atividades econômicas as auditorias se mostram como instrumentos mais adequados no que diz respeito à gerar informações relativas a gestão ambiental

4. DIRETRIZES DA AUDITORIA AMBIENTAL

Para Dall'agnol (2008), existem diversos tipos de auditorias ambientais para serem aplicados na organização, para que assim se atinjam os objetivos de identificar os problemas e riscos ambientais antes que ocorram, no entanto, o que varia é a classe da auditoria que será de acordo com o tratamento que se dá ao objeto da auditoria.

Segundo Rodrigues, Merek e Rosa (2014), a auditoria foi normatizada com âmbito internacional com a criação do SEGA (Strategic Advisory Group on Environment, no âmbito da ISO), as normas ISO 14000 foram divulgadas em 1994, tais normas foram adotadas no Brasil, pela ABNT, que em 1996 lançaram as normas ISO: 14010/96, das diretrizes para a auditoria ambiental, princípios gerais, a ISO 14011/96, das diretrizes da auditoria ambiental, procedimentos de auditoria e auditoria de sistema de gestão e a ISO 14012/96 que tratava das diretrizes para a auditoria ambiental, critérios de qualificação de auditores ambientais.

Essas normas consistiam em tradução das normas da ISO, que posteriormente foram substituídas pela NBR ISO 19011, de diretrizes para a auditoria de sistemas de gestão de qualidade ou ambiental, em 2002, sendo os seus critérios mais difundidos os da norma ISO 14000. (RODRIGUES; MEREK; ROSA, 2014).

Ainda segundo Rodrigues, Merek e Rosa (2014), atualmente no Brasil as normas sobre auditoria ambiental são as NBR 19011/2002 e CONAMA 306/2002. Onde, a ISO 19011/2002 aborda princípios para a auditoria de SGA que seriam: ética, apresentação justa, cuidado profissional, independência e, abordagem ba-

seada em evidências. Também, detalha todas as atividades de uma auditoria que antes era contemplada pela norma NBR ISO 14001 e complementa a “Competência e Avaliação de Auditoria”, na norma NBR19012.

De acordo com Barbieri (2011), as auditorias podem ser aplicadas em locais, produtos, organizações, processos e sistemas de gestão e os principais tipos de auditorias ambientais podem ser classificados quanto aos seus principais instrumentos de referência para efeito de averiguação e análise.

O Martins (2015), diz que a auditoria ambiental pode ser classificada quanto a sua aplicação, porém, também pode se inter-relacionar com os diversos tipos, dependendo do objeto a ser auditado. Em prática explica que em uma auditoria ambiental conduzida por companhias seguradoras pode ao mesmo tempo promover uma auditoria ambiental de conformidade legal, tendo em vista que a análise da conformidade legal da empresa é um fator determinante no valor do seguro a ser cobrado do cliente.

Ainda de acordo com Martins (2015), a única norma, da série de normas de gestão ambiental ISO 14000 que é passível de certificação é a ISO 14001, e para se obter essa certificação é necessário entre outras coisas, que a auditoria ambiental seja de certificação SGA. A implementação de SGA através da norma da ISO 14001 que é de caráter voluntário, indica que a instituição ou empresa cumpre a legislação ambiental presente, entretanto, essa norma não tem caráter legal e não pode exigir o cumprimento da legislação, o que é um dever do estado.

Auditorias ambientais de forma periódicas de acordo com a ISO 19011, na implementação do SGA, é uma ferramenta fundamental para o funcionamento de procedimentos relacionados ao meio ambiente, nesse caso, a auditoria irá funcionar como instrumento de verificação do que foi estabelecido na empresa como objetivos, políticas e metas. (MARTINS, 2015)

Segundo Barbieri (2011), os programas de auditorias incluindo os cronogramas, devem estar baseados na importância ambiental das atividades envolvidas, assim como também em resultados de auditorias anteriores, dada a importância que as auditorias como instrumentos de gestão ambiental.

Ainda Barbieri (2011), entende que, a auditoria ambiental do SGA (Sistema de Gestão Ambiental), busca avaliar o desempenho do SGA, se está em conformidade com a política ambiental e os cumprimentos das metas e objetivos propostos, concebe a auditoria como parte do próprio SGA, como um elemento da fase de verificar o ciclo PDCA (Plan-do-Check-Act).

Barbieri (2011), afirma que a norma ISO 19000, que trata do vocabulário e dos fundamentos concernentes ao sistema de gestão de qualidade, classifica as auditorias em interna e externa.



As auditorias do SGA são importantes fontes de conhecimento sobre a própria empresa e os mercados em que atua, as iniciativas governamentais, opções tecnológicas e os movimentos da sociedade civil, para orientar os processos de diferenciação da empresa. São instrumentos que podem ser utilizados para a implementação de um SGA e para verificar como este está funcionando e se as práticas da empresa estão de acordo com a legislação presente. (BARBIERI, 2011)

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As auditorias ambientais estão sendo cada vez mais compreendidas e aplicadas, a sociedade mostra-se cada vez mais preocupada com questões ambientais, e nas atividades econômicas, as auditorias mostram-se como um dos instrumentos mais adequados para gerar as informações na gestão ambiental. Assim, o trabalho apresentou como as auditorias ambientais estão sendo realizadas no estado do Maranhão, um pouco sobre legislação ambiental, a auditoria no cenário nacional e os processos sistemáticos da auditoria.

No Brasil, a legislação ambiental foi consolidada na lei nº 6.938 a PNMA (Política Nacional de Meio Ambiente) e a auditoria ambiental iniciou no fim da década 80 os seus trabalhos, quando alguns de seus estados passaram a adotar a legislação ambiental de maneira mais restritiva, e ainda segue os padrões adotados em outros lugares no mundo, embora tenha uma participação ativa na criação e no desenvolvimento no sistema ISO. As primeiras normas sobre a auditoria foram as ISO 14010/1996, 14012/1996 e 14012/1996 que mais tarde foram substituídas pela ISO 19011/2002, a criação da NBR ISO 19011/2002, foi de grande importância para o desenvolvimento e aplicação das diretrizes da auditoria ambiental.

Foi possível entender que, existem diversos tipos de auditoria ambientais, podendo ser aplicadas em produtos, locais e organizações, com o objetivo de identificar os problemas e os riscos ambientais antes que ocorram. De acordo com a ISO 19011/2002 a implementação do SGA, é fundamental para o funcionamento dos procedimentos relacionados ao meio ambiente, e as atividades da auditoria estão baseados na importância ambiental envolvida.

Embora apresente poucos estudos sobre o tema da auditoria ambiental do estado do Maranhão, através da revisão literária pesquisada, foi possível entender de que maneira vem sendo aplicada, em relação aos padrões do Brasil e do mundo.

O estado do Maranhão além de seguir a NBR ISO 19011/2002, possui a sua própria portaria sobre auditoria ambiental, que já inclui o órgão responsável e os termos que serão adotados na sua aplicação, a portaria nº 012/2015, também segue os padrões da resolução CONAMA nº306/2002.

Por fim, conclui-se que a legislação ambiental foi criada para disciplinar e fre-



ar o homem na degradação da natureza, seu início foi um pouco tardio, já que se pensava que os recursos naturais fossem ilimitados, e, embora as primeiras leis de proteção ao meio ambiente tenham começado entre os anos 60 e 70, no Brasil, ainda demorou um pouco para realmente funcionar, devido ter herdado um modelo de exploração extremamente predatório de seus colonizadores, no entanto, verifica-se que a auditoria como um instrumento para a gestão ambiental, traz não somente uma visão aos passivos gerados pelas empresas como também um olhar mais criterioso do cuidado ao meio ambiente.

Referências

- AZEVEDO, Adriana Oliveira. **A auditoria ambiental como instrumento de efetivação do dever no poder público em preservar o meio ambiente**. 2014. 133 fls. Dissertação (Mestrado em Direito Ambiental) – Universidade do Estado do Amazonas – UEA, Manaus, 2014.
- BARDIERI, José Carlos. **Gestão Ambiental Empresarial: Conceitos, Modelos e Instrumentos**. São Paulo: Saraiva, 2011.
- Borges, Luís Antônio C.; Rezende, José Luiz P.; Pereira, José Aldo A. **Evolução da Legislação ambiental no Brasil**. 2009. Disponível em: <<https://periodicos.unicesumar.edu.br/index.php/rama/article/view/1146/852>> Acesso em: 22 abr.2020.
- BRASIL. **Artigo 225 da Constituição Federal Brasileira**, 31 de outubro de 1988. Promover a educação ambiental em todos os níveis de ensino e a conscientização pública para a preservação do meio ambiente. Brasília. 1988 Disponível em: <https://www.senado.leg.br/atividade/const/con1988/con1988_06.06.2017/art_225_.asp> Acesso em: 26 abr. 2020.
- BRASIL. **Lei nº 6.938 da Constituição Federal Brasileira**, 31 de agosto de 1981. Dispõe da Política Nacional de meio Ambiente. Brasília. 1981. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L6938.htm > Acesso em: 26 abr.2020.
- BRASIL. MARANHÃO. **Lei Ordinária nº 10.107**, 25 de junho de 2014. Aprova o Regimento da Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Naturais (SEMA) e dá outras providências. Cidade: São Luís, 2014. Disponível: <<http://stc.ma.gov.br/legisla-documento/?id=3685>>. Acesso em: 29 abr. 2020.
- BRASIL. MARANHÃO. **Portaria nº012**, 10 de março de 2015. Dispõe sobre a instituição dos procedimentos mínimos a serem adotados quando da realização de Auditorias Ambientais pela Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Naturais - SEMA. Cidade: São Luís, 2015. Disponível: <<http://stc.ma.gov.br/legisla-documento/?id=3821>>. Acesso em: 29 abr. 2020.
- CONAMA, Resoluções. **Vulnerabilidade dos geradores de resíduos de saúde frente às Resoluções n. 358 Conama e RDC n. 306 Anvisa**.
- DALL'AGNOL, Alencar João. **Auditoria ambiental: instrumento do princípio da prevenção no sistema de gestão e direito ambiental**. 2014.
- Machado, Paulo Affonso Leme. **A competência ambiental na Constituição Federal e uma possível lei complementar**. 2009. Disponível em: <<file:///C:/Users/maria/Downloads/Disserta%C3%A7%C3%A3o%20Final%20AGO%202014%20CD%20PDF.pdf> > Acesso em: 26 abr.2020.
- MARTINS, Gaudêncio José Pinotti. **Panorama brasileiro da auditoria ambiental**. 2015. 136 fls. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, São Paulo, 2015.
- PHILIPPI JR, Arlindo; RÔMERO, Marcelo de Andrade; Bruna, Gilda Collet. **Curso de gestão ambiental**. São Paulo, Manole, 2014
- PIVA, Ana Luiza. Auditoria ambiental: um enfoque sobre a auditoria ambiental compulsória e a aplicação dos princípios ambientais. **Pontifícia Universidade Católica do Paraná**, p. 4154-4174, 2007.



RODRIGUES, Luis Adriano; MIREK, Zélia Maria; DA ROSA, Roberto Carlos dos Santos. Auditoria ambiental e sua contribuição no processo de gestão. **Revista de Administração do Unisal**, v. 4, n. 5, 2014.



CAPÍTULO 3

PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO: OTIMIZADOR DE RESULTADOS ORGANIZACIONAIS

PRODUCT DEVELOPMENT PROCESS: ORGANIZATIONAL RESULTS
OPTIMIZER

Jaciara Mendonça Mariano

Resumo

As organizações utilizam técnicas e ferramentas para se sobressaírem e se manterem competitivas no mercado. Neste contexto, esse artigo aborda sobre o Processo de Desenvolvimento de Produtos-PDP, ferramenta essencial que contribui como auxílio na tomada de decisão dos gestores, descreve os impactos deste para a produtividade nas organizações e apresenta como objetivo principal, compreender a eficiência e eficácia do PDP na gestão estratégica organizacional. Realizou-se revisão bibliográfica com pesquisa qualitativa e descritiva. Aborda-se sobre definição de produto e seus tipos de classificação, aponta-se a respeito do ciclo de vida do produto e tipos de projetos de desenvolvimento de produtos e, relata-se sobre a definição do PDP e as etapas constituídas em seu modelo de referência. Como principais considerações finais sobre a pesquisa realizada apresentam-se, estímulo empresarial para análise de mercado, planejamento e execução de estratégias bem como, o crescimento da competitividade entre as organizações. Refletindo assim, na produtividade destas em razão de proporcionar as técnicas e estratégias adequadas para a otimização de resultados e, conseqüentemente, impulsionar o crescimento de seus lucros. Por fim, sugere-se para futuros trabalhos, pesquisas sobre similaridades e diferenças no uso dessa ferramenta em pequenas e grandes empresas.

Palavras chave: Processo de Desenvolvimento de Produtos-PDP, Definição de produto, Ciclo de vida de produto, Projetos de desenvolvimento de produtos, Modelo de referência.

Abstract

Organizations use techniques and tools to excel and remain competitive in the market. In this context, this article addresses the Product Development Process-PDP, an essential tool that contributes as an aid in decision making for managers, describes its impacts on productivity in organizations and presents as its main objective, to understand the efficiency and effectiveness of PDP in strategic organizational management. A bibliographic review was carried out with qualitative and descriptive research. It discusses product definition and its types of classification, points out the product's life cycle and types of product development projects, and reports on the definition of the PDP and the steps constituted in its model of reference. The main final considerations about the research are presented, business stimulus for market analysis, planning and execution of strategies, as well as the growth of competitiveness among organizations. Thus reflecting on their productivity due to providing the appropriate techniques and strategies to optimize results and, consequently, boost the growth of their profits. Finally, it is suggested for future work, research on similarities and differences in the use of this tool in small and large companies.

Key-words: Product development process-PDP, Product definition, Product life cycle, Product development projects, Reference model.



1. INTRODUÇÃO

A globalização influencia na produtividade das organizações, na qual as motiva a sincronizar suas estratégias empresariais de acordo com as necessidades de seus consumidores. Nesse contexto, ressaltou-se como fator preponderante os produtos ofertados por essas, pois impactam diretamente em sua lucratividade devido a esses constituírem o elemento chave de sua permanência no mercado. Com a análise do ciclo de vida do produto e mediante os tipos de produtos que as empresas almejam oferecer a seus clientes, elas utilizam o Processo de Desenvolvimento de Produtos-PDP para criação ou alteração desses. Tendo em vista que obtém o diagnóstico essencial que as auxiliam em sua tomada de decisão e efetivam assim, as etapas compreendidas no modelo referencial desse processo.

O processo de desenvolvimento de produtos (PDP) constitui o alicerce principal para o suprimento das necessidades/desejos da sociedade e, além disso, é uma ferramenta essencial que contribui como auxílio na tomada de decisão dos gestores. Na qual, com o conhecimento e desempenho eficiente de suas etapas há produção de resultados que otimizam a conquista e fidelização de clientes assim como, possibilita o planejamento para manterem as organizações competitivas, elevarem sua produtividade e preservarem-se no mercado.

O progresso tecnológico e as constantes mudanças no mercado global têm impulsionado e colaborado para que consumidores/empresas se tornem mais exigentes na demanda e oferta de produtos que satisfaçam seus desejos e necessidades. Diante destes parâmetros, quais são os impactos do processo de desenvolvimento de produto para a produtividade das organizações?

Esse artigo foi elaborado com o objetivo principal de compreender a eficiência e eficácia do processo de desenvolvimento de produtos na gestão estratégica organizacional. Na qual, o primeiro capítulo foi estruturado para abordar sobre a definição de produto e tipos de classificação, o segundo capítulo para apontar a respeito do ciclo de vida do produto e tipos de projetos de desenvolvimento de produtos e, o terceiro capítulo para conhecer sobre a definição do Processo de Desenvolvimento de Produtos-PDP e as etapas constituídas em seu modelo de referência.

O tipo de pesquisa desenvolvida constituiu-se de revisão de literatura, ou seja, a metodologia se restringiu a revisão bibliográfica com pesquisa qualitativa e descritiva na qual, houve como técnica de análise a leitura interpretativa e não foram retratadas hipóteses ou proposições de nenhuma intervenção. Foram realizadas consultas a livros, dissertações e artigos científicos selecionados através de busca nas seguintes bases de dados: Biblioteca eletrônica científica online (SciELO), catálogo de teses e google. O período dos artigos pesquisados foram os trabalhos publicados do ano 2009 até 2019. E, as palavras-chave utilizadas na busca foram: Processo de desenvolvimento de produtos, ciclo de vida de produtos e projeto de



produtos.

2. DEFINIÇÃO DE PRODUTO E TIPOS DE CLASSIFICAÇÃO

Um dos fatores desencadeados com a globalização é a dinâmica acirrada entre empresários que buscam constantemente se sobressair e se manterem no mercado. O produto é o objeto chave na produtividade e lucratividade das organizações, na qual é determinado e alterado por estas de acordo com sua estratégia no mercado. Ele reflete as capacidades e competências que a instituição possui e transforma suas ideias em realidade para o seu consumidor (TONOLLI JÚNIOR; BRODBECK; COSTA, 2012).

De acordo com Carpes Júnior (2014) os produtos podem ser classificados conforme mostra o Quadro 1.

Produto tangível	É o produto em si, o material físico oferecido ao comprador.
Produto genérico	É o benefício essencial que o comprador espera obter do produto ou a solução de um problema.
Produto esperado	É o produto com todo o conjunto de serviços que o acompanha, ou seja, é tudo o que está contido no produto genérico, mais as características dos componentes esperados do produto, como entrega (local e frequência), condições (preços, descontos, prazos e quantidades), esforço de apoio (orientação de uso, instalação, manutenção e garantias), novas ideias (sugestões do fornecedor para utilização e formas de otimizar os recursos do produto).
Produto ampliado	É quando o produto oferece mais do que o cliente espera, evidenciando a surpresa positiva em termos de melhoria, evolução e inovação.

Quadro 1: Classificação de produtos

Fonte: Carpes Júnior (2014, p. 6)

Percebe-se que para o autor, dentro dos aspectos tangíveis e intangíveis, há a dissociação desses e classificação dos produtos mediante o nível de satisfação do consumidor em relação ao produto oferecido no mercado. Ocasionalmente assim em: Produtos tangíveis, genéricos, esperados e ampliados. Com isso, as organizações/empreendedores dispõem de embasamento para o planejamento de seus produtos.

Ainda segundo Carpes Júnior (2014) os produtos novos são aqueles que obtiveram algum tipo de modificação ou adaptação, não sendo considerados novos apenas os inéditos no mercado. E, exemplifica as principais categorias de produtos novos no Quadro 2.



Criam necessidades ainda inexistentes.	A televisão, que despertou ou criou uma nova necessidade nos consumidores.
Criados para necessidades já existentes.	O café solúvel e o sabão em pó. Neste caso, apresentou-se um produto para satisfazer, de forma satisfatória, uma necessidade que já existia anteriormente.
Aperfeiçoam o produto já existente.	Os eletrodomésticos em geral. É o caso mais frequente, e pode ocorrer por meio da modificação da matéria-prima ou de suas propriedades (resistência, velocidade ou usabilidade, p.ex.).
Oferecem uma nova variedade de um produto já existente.	As novas variedades de sopas prontas e de xampus, lançadas a cada ano.
Obtidos a partir da modificação do modo de utilização de um produto antigo.	Os refrigerantes à base de cola, criados, inicialmente, para serem utilizados como xarope para tosse.
Obtidos por meio de uma melhor utilização de um produto antigo.	Os produtos que são mais bem aproveitados ou utilizados pelos consumidores, como produtos em conservas e em pó.

Quadro 2: Exemplos das principais categorias de produtos novos

Fonte: Carpes Júnior (2014, p. 6)

Conforme a exemplificação do autor, nota-se que por meio da definição das categorias de produtos novos, os empreendedores podem diversificar seus produtos, conquistar e fidelizar seus clientes e, conseqüentemente manter sua competitividade. Tendo em vista que, analisam as necessidades dos consumidores, criam necessidades/desejos ainda desconhecidos para a sociedade e aperfeiçoam produtos existentes no mercado.

No próximo capítulo, serão apontadas questões a respeito do ciclo de vida do produto e os tipos de projetos de desenvolvimento de produtos.

3. CICLO DE VIDA DO PRODUTO E TIPOS DE PROJETOS DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS

O período compreendido entre a criação e a retirada de determinado produto do mercado é definido como seu ciclo de vida. Na qual este é dividido em quatro fases: Introdução, crescimento, maturidade e declínio. O Ciclo de Vida do Produto-CVP apesar de ser geralmente caracterizado por curvas, em formato de sino, observado na Figura 2, também apresenta outras variações (KOTLER, 2000).



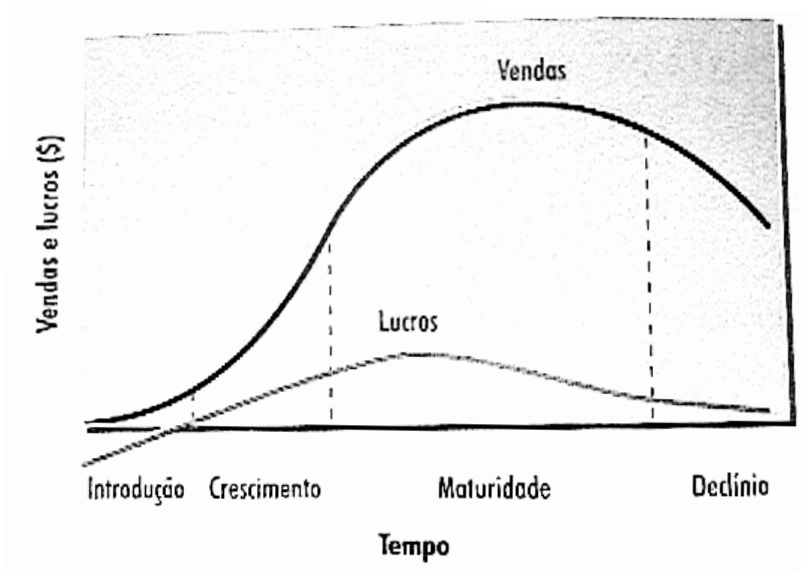


Figura 1 – Fases do ciclo de vida do produto
Fonte: Kotler (2000, p. 326)

A Figura 1 apresenta a curva do CVP em suas quatro etapas com a relação de suas vendas, lucro e tempo. Na qual, em sua fase de introdução, há um baixo volume de vendas e lucros devido ao produto estar iniciando no mercado. Na fase de crescimento, a relação entre as vendas e os lucros começam a demonstrar melhorias em razão da aceitação do produto no mercado. Na penúltima fase, maturidade, os lucros e vendas se estabilizam devido ao produto ter conquistado a aceitação da maioria de seus consumidores potenciais. E, na última fase, declínio, as vendas reduzem e conseqüentemente os lucros desaparecem.

Contudo, ressalta-se que “nem todos os produtos exibem um CVP em forma de sino. [...] Três padrões alternativos comuns são mostrados na Figura 3” (KOTLER, 2000, p. 327).

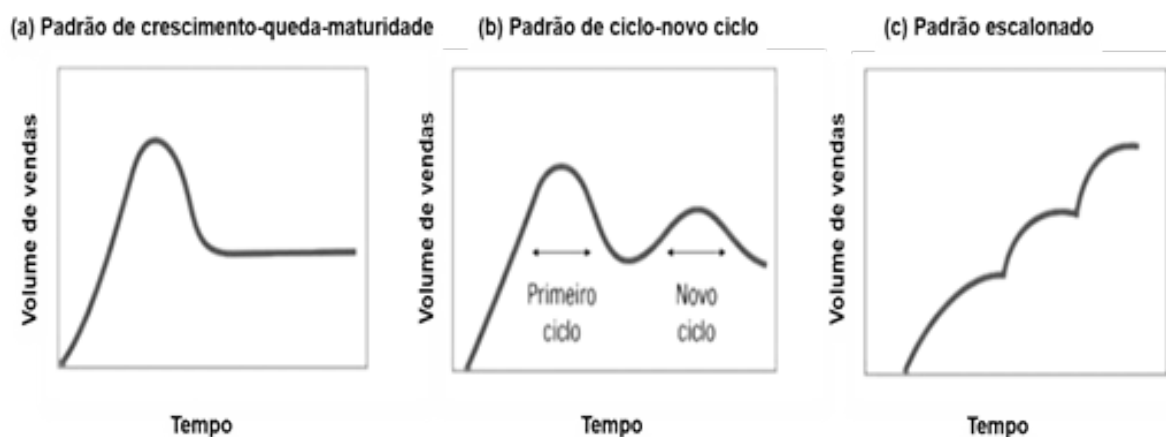


Figura 2 – Padrões comuns de ciclo de vida do produto
Fonte: Kotler (2000, p. 327)

Na Figura 2 observa-se que no primeiro gráfico, padrão de crescimento-queda-maturidade, a relação entre o volume de vendas versus tempo é característica de produtos que foram introduzidos no mercado, cresceram, obtiveram uma redução em suas vendas e após determinado período obtiveram estabilização, como por

exemplo, os eletrodomésticos de cozinha. No segundo gráfico, padrão de ciclo-novo-ciclo, é característico das vendas de novos medicamentos. Na qual, os produtos/medicamentos são lançados em dois ciclos. Sendo o segundo ciclo iniciado, com novas campanhas, após o declínio de suas vendas no primeiro ciclo. E, no terceiro gráfico, padrão escalonado, refere-se a sucessões de ciclos de vida que são norteados mediante descobertas de novas características dos produtos, utilizações ou usuários. Exemplo: Vendas de náilon, utilizado para produção de diversos produtos, como, pára-quadras, meias, camisas, velas de barcos e etc.

No que tange ao processo de desenvolvimentos de produtos (PDP) ressalta-se que a classificação de seu tipo de projeto é importante pois, permite que a empresa realize uma avaliação do quanto o desenvolvimento do produto é benéfico para ela assim como, determina quais recursos são primordiais para execução de cada tipo de projeto (ROMEIRO FILHO et al., 2011).

Para projetar é necessário que existam três tipos básicos de conhecimento: Conhecimentos para gerar ideias, conhecimentos para avaliar conceitos e conhecimentos para estruturação do processo de projeto. Na qual, no primeiro tipo, a geração de ideias depende do desenvolvimento de habilidades específicas sendo essas ideias relacionadas também a alguma forma de experiência com o produto a ser desenvolvido, na qual evidencia-se que em razão da criatividade ser parcialmente construída, quanto maior a curiosidade maior será a facilidade em projetar produtos. O segundo tipo, conhecimentos para avaliar conceitos, são aqueles que provêm tanto da experiência quanto da qualificação formal adquiridas nos cursos de engenharia e, conhecimentos para estruturação do processo de projeto, são aqueles que podem ser adquiridos por meio de treinamentos formais (ROMEIRO FILHO et al., 2011).

De acordo com Rozenfeld et al. (2006) no PDP há a classificação dos seguintes tipos de projetos em suas etapas: Projetos radicais ou *breakthrough*, são aqueles que abordam um novo portfólio de produtos ou processos para seus clientes e/ou englobam novos negócios para as empresas; Projetos plataforma ou próxima geração, oferecem produtos com um novo sistema de soluções para seus consumidores; Projetos incrementais ou derivados, proporcionam melhorias aos produtos ou processos existentes através de uma extensão em sua aplicação, logo, requerem menos recursos em relação aos projetos que demandam mais avanços tecnológicos. E, projetos *follow-source* (seguir a fonte), que são aqueles oriundos de uma empresa matriz e que são adaptados de acordo com a região/local na qual são implantados.

Ainda segundo Rozenfeld et al. (2006) nas situações em que as organizações adotam abordagens de gerenciamento de multiprojetos e de projetos plataforma, já dispõem de um portfólio de produtos e de projetos, classifica-se os projetos de desenvolvimento em quatro tipos: Novo projeto (concebido mediante o desenvolvimento de uma nova plataforma); transferência de tecnologia simultânea (é aquele no qual o novo projeto é baseado na plataforma de um projeto base antes da sua



conclusão); transferência de tecnologia sequencial (é aquele no qual o novo projeto é baseado na plataforma de um projeto base finalizado e já está em sua etapa de produção) e, modificação de projeto (é aquele no qual há apenas alterações em um projeto existente, sem transferências de tecnologias e sem mudanças na plataforma).

Em relação a classificação dos projetos de novos produtos destaca-se que:

Os projetos de novos produtos podem ser classificados também em termos de projetos de produtos que são novos para a empresa e de projetos que são novos para o mercado. Projeto novo para a empresa é aquele cujo produto já existe no mercado, mas que, para a empresa, é totalmente novo. Projeto novo para o mercado é aquele cujo produto ainda não existe no mercado (ROZENFELD et al., 2006, p.9).

Entende-se que na elaboração de projetos novos, existem duas modalidades, aqueles que proporcionam novidades para a empresa e aqueles que proporcionam novidade para o mercado. Isto é, há aqueles que são novos para a organização, no entanto, o produto já existiu no mercado e há aqueles que são novos para o mercado devido a inexistência do produto neste.

Para Costa e Toledo (2012) o tipo de projeto utilizado pelas organizações influencia em suas práticas de gestão. Na qual, para eles os projetos utilizados no desenvolvimento de produtos estão classificados em cinco tipos: Projetos de desenvolvimento ou pesquisa avançada, proporcionam conhecimento para projetos futuros; Projetos incrementais ou derivados, são constituídos por pequenas alterações no produto em relação aos existentes e não requerem esforços elevados pela empresa tendo em vista que as tecnologias utilizadas para alteração do produto já são dominadas por ela; Projetos radicais (breakthrough), referem-se a projetos inovadores que utilizam novas tecnologias ou materiais e criam assim, uma nova categoria de produtos em razão de modificações significativas do produto/processo existente; Projetos plataforma, proporcionam alterações representativas no projeto do produto e/ou do processo, no entanto, não utilizam novas tecnologias; E, por fim, projetos de alianças ou parcerias, são aqueles que podem ser desenvolvidos fora do ambiente da organização ou em parceria com outras empresas e desempenham assim, um objetivo estratégico pois, possibilitam a elas o aprendizado de uma nova tecnologia ou oportunidade no mercado.

No próximo capítulo, serão abordados conhecimentos sobre a definição do Processo de Desenvolvimento de Produtos-PDP e as etapas constituídas em seu modelo de referência.



4. DEFINIÇÃO DE PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS-PDP E ETAPAS DE SEU MODELO DE REFERÊNCIA

O processo de desenvolvimento de produtos é o conjunto de etapas principais oriundas a partir de uma ideia e que influenciam na elaboração e/ou melhorias de produtos para atender desejos e necessidades da sociedade. Isto é, esse processo abrange todas as etapas para a criação, acompanhamento, continuidade e eventuais alterações e/ou retirada do produto do mercado. Na qual, por meio do aprendizado obtido durante seu ciclo de vida, a empresa obtém novas ideias para a elaboração de produtos mais competitivos (ROZENFELD et al., 2006).

Em relação a importância do desenvolvimento de produtos para as organizações ressalta-se que:

Em alguns casos, o desenvolvimento de produtos transforma-se na espinha dorsal da empresa, razão de seu sucesso e principal atividade desenvolvida. Em muitas empresas líderes mundiais em suas áreas de atuação, o projeto de produtos é uma das principais atividades realizadas, juntamente com o desenvolvimento da marca e das estratégias de marketing, baseadas na excelência dos produtos desenvolvidos. A Nike é um exemplo de empresa líder global em sua área, cujo sucesso é fortemente baseado na qualidade de seus produtos (ROMEIRO FILHO et al., 2011, p. 35).

Compreende-se assim que, o desenvolvimento de produtos é a principal ferramenta estratégica utilizada para o alcance do sucesso empresarial, na qual, o projeto de produtos associado ao planejamento de marketing e consolidação da marca, são atividades primordiais que estruturam a qualidade dos produtos em muitas organizações líderes de mercado.

O modelo de referência é atribuído a sistematização de um processo a fim de proporcionar facilidade e agilidade no seu desempenho. Para Salgado et al. (2010) modelo de referência é o conjunto das melhores práticas que estão relacionadas a um determinado processo de desenvolvimento, na qual essas são representadas de uma forma clara para os usuários deste processo.

Para Romeiro Filho et al. (2011) o modelo de referência não pode ser simplesmente implantado na instituição sem que haja uma adaptação deste modelo à sua cultura empresarial, tendo em vista que cada organização é diferente uma da outra. Sendo assim, com base em modelos referenciais já existentes, a empresa desenvolverá e utilizará o seu próprio modelo de desenvolvimento de produtos.

De acordo com Rozenfeld et al. (2006) o modelo de referência adotado para o desenvolvimento de produtos baseia-se em três fases: Pré-desenvolvimento que engloba o planejamento estratégico de produtos e o planejamento do projeto; Desenvolvimento, que envolve o projeto informacional, projeto conceitual, projeto



detalhado, preparação da produção do produto e lançamento do produto. E, pós-desenvolvimento que se refere a acompanhamento, melhoria e descontinuação do produto. Essas fases são apresentadas na Figura 4, na qual retrata, de forma geral, o processo de desenvolvimento de produto.

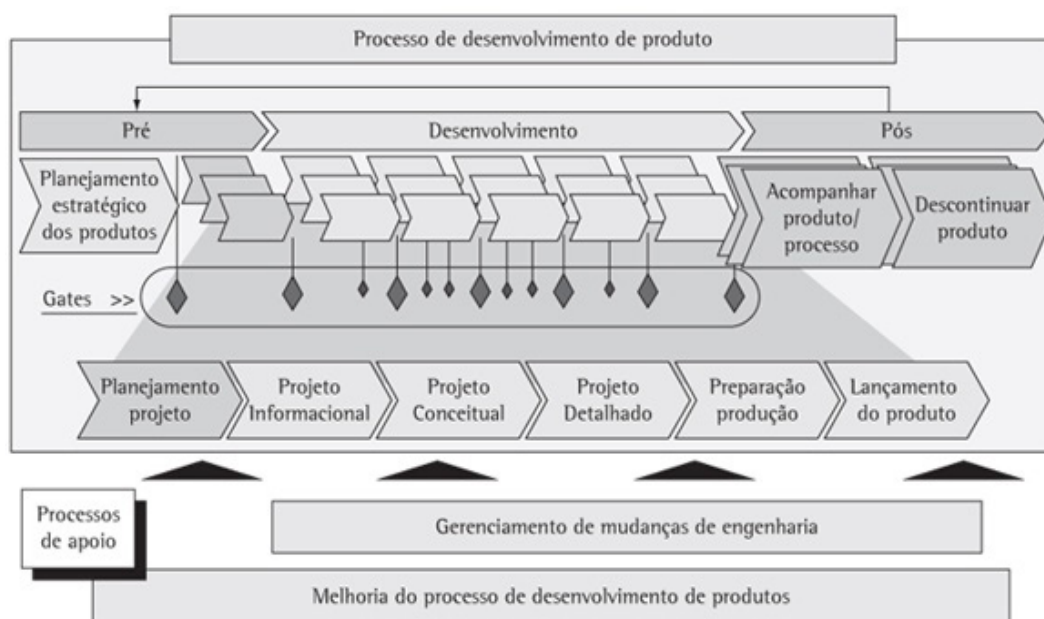


Figura 3 – Visão geral do modelo de referência

Fonte: Rozenfeld et al. (2006, p. 44)

Além das três fases do processo de desenvolvimento de produtos, a Figura 3 apresenta os gates, pontos de análises de controle da qualidade do projeto, na qual é definido se o processo evolui para a etapa seguinte ou não. E, ressalta também os processos de apoio: Gerenciamento de mudanças de engenharia (Identificação de mudanças, proposta de mudança, alterações de informações do produto, implementação da mudança) e melhoria do processo de desenvolvimento de produtos (Entendimento das motivações de melhorias, análise da situação, definição de ações e implantação).

No planejamento estratégico de produtos, primeira subdivisão do pré-desenvolvimento, são definidas as seguintes atividades: Definição do escopo e planejamento para revisão do plano estratégico de negócios, consolidação de informações referentes a tecnologia e mercado, análise do portfólio de produtos e proposição de mudanças neste, assim como, definição do início do planejamento de um produto do portfólio da empresa. Já, a segunda subdivisão do pré-desenvolvimento, planejamento do projeto, são registradas atividades como, definição dos interessados do projeto, escopo do produto e projeto assim como, adequação ao modelo de referência, preparação do cronograma, avaliação de riscos, orçamento, dentre outras (ROZENFELD et al., 2006).

Para Batalha et al. (2008) é na etapa do planejamento estratégico de produtos que são analisados e definidos quais destes serão criados, desenvolvidos ou modificados assim como, para quem será vendido (público-alvo) e quando será lançado no mercado. E, destaca ainda que na fase do planejamento do projeto são defi-

nidos aspectos como, viabilidade técnico-econômica, recursos humanos e custos bem como, implementação de melhorias na estruturação do projeto.

Conforme Rozenfeld et al. (2006) na fase de desenvolvimento, a etapa do projeto informacional engloba atividades como, revisão e atualização do escopo do produto, monitoramento da viabilidade econômico-financeira do produto, detalhamento do ciclo de vida do produto e definição dos clientes. Na etapa do projeto conceitual há atividades como, modelagem funcional do produto, desenvolvimento de princípios de soluções para as funções assim como, define-se também a arquitetura do produto, ergonomia e estética. Na etapa do projeto detalhado, exemplificam-se como atividades o planejamento do processo de fabricação e montagem, projeção dos recursos de fabricação, criação do material de suporte do produto, projeção de embalagens, teste e homologação do produto.

Ainda segundo Rozenfeld et al. (2006) na etapa de preparação da produção do produto, obtêm-se recursos de fabricação, planeja-se a produção piloto, certifica-se o produto e desenvolve-se o processo de manutenção. Na etapa de lançamento do produto as atividades envolvem o planejamento do seu lançamento, desenvolvimento de processos de vendas, assistência técnica, distribuição e atendimento ao cliente, assim como, promoção de marketing e lançamento do produto. Contudo, na fase de pós-desenvolvimento, a etapa de acompanhamento e melhoria do produto, são desempenhadas atividades como, realizações de auditorias do projeto, avaliações de satisfação do cliente, monitoramento de desempenho do produto no que diz respeito aos aspectos técnicos, econômicos, produção e serviços e, registro das lições aprendidas.

De acordo com Inomata e Varvakis (2016) quando o PDP está na fase de preparação da produção do produto é fundamental que os envolvidos no processo tenham compreendido todos os procedimentos ocorridos nas etapas anteriores pois, a montagem do produto depende de toda a cadeia de suprimentos e a aprovação nessa fase implicará na liberação do produto para a produção. Os autores ressaltam ainda que no lançamento do produto são desenvolvidas atividades relacionadas a implantação deste no mercado, porém, essas se referem a aspectos específicos como, desenho do processo de venda e distribuição, assistência técnica, suporte ao cliente e marketing.

Para Rozenfeld et al. (2006) em relação a etapa de descontinuidade do produto, as atividades envolvidas se referem tanto a análise e aprovação da descontinuidade do produto no mercado, planejamento da descontinuidade do produto, preparação e acompanhamento do recebimento do produto quanto à descontinuidade da produção, finalização do suporte ao produto, avaliação geral e encerramento do projeto. Isto é, nesta etapa a organização executará todos os procedimentos necessários para o fim do ciclo de vida do seu produto.



5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse artigo alcançou seus objetivos propostos pois, compreendeu os métodos do PDP desempenhados pelas organizações assim como, os resultados refletidos em sua produtividade. Como impactos obtidos nas empresas com essa ferramenta estratégica destacam-se o estímulo empresarial para análise de mercado e elaboração de estratégias de marketing bem como, o crescimento da competitividade entre as organizações, pois estas mantêm-se atentas as estratégias de seus concorrentes e são norteadas a oferecerem produtos diferenciados para seus consumidores. Tendo em vista que, o elemento chave para o sucesso empresarial é o seu produto, na qual, mediante a definição e delimitação deste, em associação com seu público-alvo, constituem-se nos principais alicerces para a formação do PDP, ressalta-se que produto é tudo aquilo que é criado ou modificado para satisfazer e atender as necessidades/desejos do mercado. Logo, classifica-se de acordo com aspectos tangíveis e intangíveis, resultando assim em: Produtos tangíveis, genéricos, esperados e ampliados.

Dentre as análises que precisam serem realizadas pelas organizações para o planejamento de suas estratégias, está o ciclo de vida de seu produto. Pois, mediante o estudo deste ciclo, a empresa usufruirá das informações que servirão de base para elaboração de estratégias para implantação, desenvolvimento e/ou descontinuação do produto no mercado. Isto é, a empresa possuirá as condições estratégias adequadas para a execução do seu planejamento e poderá definir assim, o tipo de projeto a ser utilizado no desenvolvimento de seu produto.

Compreende-se assim que, PDP é a sequência de atividades e etapas que se complementam e, são planejadas e executadas estrategicamente com o objetivo principal de promover melhorias e competitividade ao portfólio de produtos das empresas. Na qual, para facilitar e agilizar esse processo, as instituições adaptam e utilizam seu próprio modelo de desenvolvimento de produtos com base em modelos referenciais já existentes. Logo, o PDP é uma ferramenta importante para as organizações pois, impacta diretamente na produtividade, em razão de proporcionar as técnicas e estratégias adequadas para a otimização de resultados e, consequentemente, impulsionar o crescimento da lucratividade organizacional. Sendo assim, sugere-se para futuros trabalhos, pesquisas sobre similaridades e diferenças no uso dessa ferramenta em pequenas e grandes empresas.



Referências

- BATALHA, Mário Otávio (Organizador) et al. **Introdução à engenharia de produção**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008. (Coleção Campus – ABEPRO Engenharia de Produção).
- CARPES JÚNIOR, Widomar P. **Introdução ao projeto de produtos**. Porto Alegre: Bookman, 2014.
- COSTA, Marcela Avelina Bataghin; TOLEDO, José Carlos de. Análise das práticas de gestão PDP em empresas de um polo industrial de revestimento cerâmico. **Revista Production**, vol.23, n.4, São Paulo, Oct./Dec. 2013, Epub Oct 16, 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S010365132013000400001&script=sci_arttext&tlng=pt> (Acessado em 14 de setembro de 2019 às 20h34min).
- INOMATA, Danielly Oliveira; VARVAKIS, Gregório (Coautor). **Fluxos de informação no desenvolvimento de produtos biotecnológicos**. Curitiba: Appris, 2016.
- KOTLER, Philip. **Administração de marketing**: a edição do novo milênio. 10. ed. São Paulo: Prentice Hall, 2000.
- ROMEIRO FILHO, Eduardo (Coord.) et al. **Projeto do produto**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011. (Coleção Campus – ABEPRO Engenharia de Produção).
- ROZENFELD, Henrique et al. **Gestão de desenvolvimento de produtos**: uma referência para a melhoria do processo. São Paulo: Saraiva, 2006.
- SALGADO, Eduardo Gomes et al. Modelos de referência para desenvolvimento de produtos: classificação, análise e sugestões para pesquisas futuras. **Revista Produção Online**, v.10, n.4, p. 886-911, dez 2010. Disponível em: < <https://producaoonline.org.br/rpo/article/view/520/742> > (Acessado em 21 de abril de 2019 às 23h10min).
- TONOLLI JÚNIOR, Enor José; BRODBECK, Ângela Freitag; COSTA, Carlos Alberto. Análise das relações dos elementos de alinhamento estratégico entre negócio e tecnologia da informação com o processo de desenvolvimento de produto. **Revista de Administração Mackenzie**, v. 13, n. 2, p. 135-170, 2012. Disponível em: < http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S167869712012000200006&script=sci_abstract&tlng=pt> (Acessado em 19 de abril de 2019 às 18h25min).





CAPÍTULO 4

IMPORTÂNCIA DA LUBRIFICAÇÃO INDUSTRIAL

IMPORTANCE OF INDUSTRIAL LUBRICATION

David Allisson Vieira Martins

Resumo

Na indústria ocorre grande quebra de maquinário e as consequentes paradas e perdas financeiras. Logo se faz necessário um meio que diminua tais problemas e prolongue a vida útil de peças e equipamentos mecânicos, a lubrificação, no qual produz na sua aplicação, uma película que oferece resistência a uma força de reação atrito, principal causador de fadiga em componentes e desgaste na estrutura do material, levando em muitos casos a perda total. Desse modo, esse artigo tem como objetivo relatar a importância da lubrificação industrial e nesse contexto o uso de lubrificantes, com base em pesquisas bibliográficas de caráter exploratório do material de pesquisa em questão. Por fim, a escolha do correto lubrificante é essencial para as indústrias manterem seus processos, pois toda máquina ou ferramenta necessita de um sistema de lubrificação para garantir a integridade de funcionamento de seus componentes, a fim de suprir as suas metas de produção.

Palavras-chave: Atrito; Desgastes; Lubrificação Industrial; Manutenção; Lubrificantes.

Abstract

In the industry big breakdown of machinery occurs and consequently stops and decreases finances. So if a medium is needed that reduces these problems and prolongs the life of mechanical parts and equipment, a lubrication produce in its application a film that offers resistance to a friction reaction force, the main cause of fatigue in the components and wear on the material structure, leading in many cases to total loss. Thus, this article aims to relate the importance of industrial lubrication and in this context the use of lubricants, based on exploratory bibliographic research of the research material in question. Finally, choosing the right lubricant is essential to maintaining your processes, as every machine or tool uses a lubrication system to ensure the operating integrity of its components, in order to meet its production goals.

Keywords: Friction; Wear; Industrial lubrication; Maintenance; Lubricants.



1. INTRODUÇÃO

A Lubrificação Industrial é uma operação que consiste em empregar uma camada de fluido lubrificante em peças que estão em contato metal-metal, como: mancais de rolamentos, engrenagens, pistões de motores de combustão interna.

Na indústria, a grande quebra de maquinários dá-se por conta do atrito que oferece uma resistência ao movimento de determinadas peças que estão em constante funcionamento. Nesse sentido, deve-se haver uma prática constante de manutenção nas máquinas e, para tanto, uma correta utilização do uso de lubrificantes para que assim não ocorram paradas indesejadas promovendo o máximo de eficiência e produção nas indústrias, torna-se necessária.

A relevância desse estudo reside em apresentar a importância que a lubrificação tem quanto à parte de funcionamento de um sistema mecânico, sendo empregada como a principal ação para uma correta manutenção levando a compreensão dos diferentes tipos de lubrificantes e suas aplicações na promoção de uma maior vida útil de seus ativos.

Diante do exposto, o presente artigo abordou como problema de pesquisa a seguinte indagação: Por que é de vital importância a utilização periódica de lubrificantes em sistemas mecânicos? A utilização de lubrificantes é empregada para criar-se uma película protetora que reduz significativamente o contato entre peças mecânicas em movimento ou não, diminuindo a temperatura que as mesmas exercem quando estão realizando determinado trabalho, controlando o atrito, além de limpar as partes contra contaminantes indesejáveis evitando o acúmulo de sujeira, assim, minimizando o desgaste precoce dos maquinários, mantendo a eficiência dos equipamentos e promovendo uma maior produção.

O objetivo geral deste estudo, consiste em relatar a importância da lubrificação em máquinas industriais, compreendendo a aplicação dos lubrificantes para um melhor desempenho e maior vida útil de seus ativos, pois uma incorreta ou falta de lubrificação acarreta sérios problemas às máquinas, sendo prejudicial para as empresas, já que consomem muito tempo e dinheiro. Para os objetivos específicos, estabeleceu-se contextualizar a história do atrito e a lubrificação; descrever os tipos de lubrificantes; relatar a lubrificação como uma forma de manutenção em maquinários e equipamentos.

Quanto aos aspectos metodológicos desse estudo, trata-se de uma revisão de literatura com abordagem qualitativa, onde o tema foi escolhido de acordo com sua relevância para engenharia mecânica e afins, onde teve como objetos de pesquisas, consultas bibliográficas em literaturas e artigos científicos publicados por meio de sites específicos, google acadêmico, biblioteca da faculdade Pitágoras, livros referentes a temática lubrificação industrial e lubrificantes e o que foi de importância

para o embasamento do trabalho.

2. LUBRIFICAÇÃO E ATRITO: CONTEXTO HISTÓRICO

Para Mang e Dresel (2007), lubrificação é um processo no qual emprega-se um filme lubrificante entre faces sólidas em contato, substância essa, podendo ser a base de óleo, graxa ou sabão, a fim de reduzir o contato entre as partes, e o consequente desgaste causado pelo calor e atrito, formando uma película protetora entre as superfícies.

A história do ato de lubrificar determinado objeto se dá desde os primórdios, e resultou da necessidade que o homem primitivo tinha em arrastar troncos, onde descobriram que a seiva da madeira tirada a casca diminuía a aderência que o tronco exercia ao solo, assim, aumentando a facilidade de transportá-lo (ANDERSON, 1991).

Segundo Bannister (1996), lubrificação é um ato de aplicar no que diz respeito à introdução de um lubrificante entre superfícies paralelas que se tocam ao movimento relativo ou objetivando no contato entre as superfícies.

No Egito, foram encontradas pinturas que retratavam homens despejando gorduras de animais nas rodas de seus trenós para transportar blocos e pedra para construção de grandes esfinges e pirâmides durante o reinado de Ra-Em-Ka, onde encontraram uma carruagem antiga com lubrificante feito do uso de animais aplicado sobre os mancais das rodas (STOETERAU, 2014).

Segundo Anderson (1991), outros meios de lubrificação foram produzidos além do óleo de animais como baleia e golfinho. Foram feitos, lubrificantes extraídos a base de vegetais como mamona e azeitona e determinadas plantas.

Esses lubrificantes eram produzidos através do sebo de boi ou de carneiro, mas devido as crescentes mudanças ao longo do tempo, esse material foi substituído pelo óleo da baleia para ajudar na velocidade dos grandes barcos a vela a navegar sobre a superfície marinha (CARRETEIRO; BELMIRO, 2006).

Contudo, a lubrificação teve maior ênfase durante a Revolução Industrial, onde teve início a era das máquinas substituindo drasticamente a forma de produção rudimentar da época. As máquinas possuintes de elementos mecânicos necessitavam de um meio no qual pudesse melhor diminuir a constante quebra de equipamentos devido ao atrito das partes metálicas, então se fez necessário o uso de petróleo cru como lubrificante para diminuir esse problema.

Devido aos grandes avanços tecnológicos, as máquinas industriais foram aprimoradas e começaram a produzir em condições mais severas de trabalho e au-



mento de velocidade, condições essas que o petróleo não poderia atender, assim, dando início ao surgimento de lubrificantes de alto nível produzidos a base de minerais, sintéticos e semissintéticos (AZEVEDO, 2005).

2.1 Atrito

O atrito tem grande influência na vida humana, ora a favor possibilitando o simples ato de caminhar, ora contra caracterizado pelo aquecimento, ruído e desgastes de peças.

Conceitua-se atrito, a resistência oposta que os corpos exercem ao se movimentarem uns sobre os outros. É a força resultante da ação mútua entre as superfícies na reação contra a tendência de movimento entre elas (RIZVI, 2009).

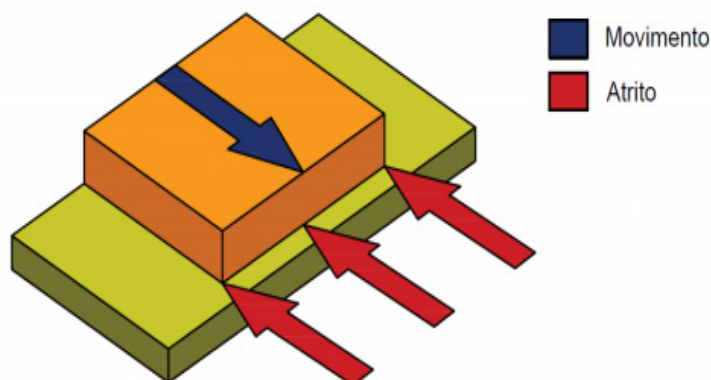


Figura 1 - Força de atrito
Fonte: Menegato (2018).

No entanto, o atrito em algumas aplicações pode ser benéfico, como na sola de sapato ou em um sistema mecânico de frenagem. Segundo Escher e Losekann (2012), o atrito se faz necessário em algumas aplicações, como nas utilizações de freios em veículos automotores para dissipar a rotação, porém em casos em que se necessita o movimento constante, o atrito é indesejado.

Há dois tipos de atrito: sólido e fluído. O atrito sólido é a interação de duas superfícies sólidas. Segundo (BHUSHAN, 2013) o atrito está fortemente ligado com as características superficiais de cada estrutura com o meio ao qual se interage em processo de contato. Este se divide em atrito de deslizamento e rolamento.

Atrito de deslizamento é quando uma superfície escorrega sobre a outra sem que nenhum dos dois gire (YOUNG, 2008).

Atrito de rolamento quando há um movimento rotativo entre um corpo cilíndrico ou esférico através da superfície em movimento. Esse tipo de atrito é considerado menor em comparação ao atrito de deslizamento (SENAI-ES, 1997).

Para Carreteiro (2006), designa-se atrito fluído quando ocorre contato entre superfícies fluídas ou entre sólida e fluída, isto é, quando existir uma camada fluída (líquida ou gasosa) separando as superfícies em movimento. O fluído que forma essa camada chama-se lubrificante.

Na indústria, o atrito é bastante prejudicial, já que desgasta as superfícies metálicas das máquinas, gerando uma maior força para mover um corpo e produzindo calor. Segundo Carreteiro e Belmiro (2006), o atrito é o maior influente nos casos de desgastes de elementos mecânicos, pois tal desgaste minimiza o tempo de uso das partes, aumentando a taxa de manutenção das máquinas, o que acarreta mais custos ao setor industrial, além de comprometer as metas de produção.

Segundo Speight e Exall (2014), o uso correto de lubrificação faz diminuir o atrito e o calor, poupando energia trabalhada reduzindo os desgastes dos equipamentos.

Nieman (2014) cita que além dessas vantagens o uso de lubrificantes ajuda na proteção de contaminantes que produzem ferrugens e os vedam.

2.1.1 Tipos de Desgastes

Além do atrito, o desgaste tem grande influência na quebra de maquinários nas indústrias. O desgaste é caracterizado por uma deformação que ocorre em grande maioria na zona plástica da estrutura da superfície, ocasionando remoção de material e, em muitos casos, levando a quebra.

Há vários tipos de desgastes aos quais os elementos mecânicos podem sofrer em virtude da falta de um cuidado específico. Para Burwell (1957), os principais mecanismos de desgastes **são**: adesivo, abrasivo, fadiga e corrosivo.

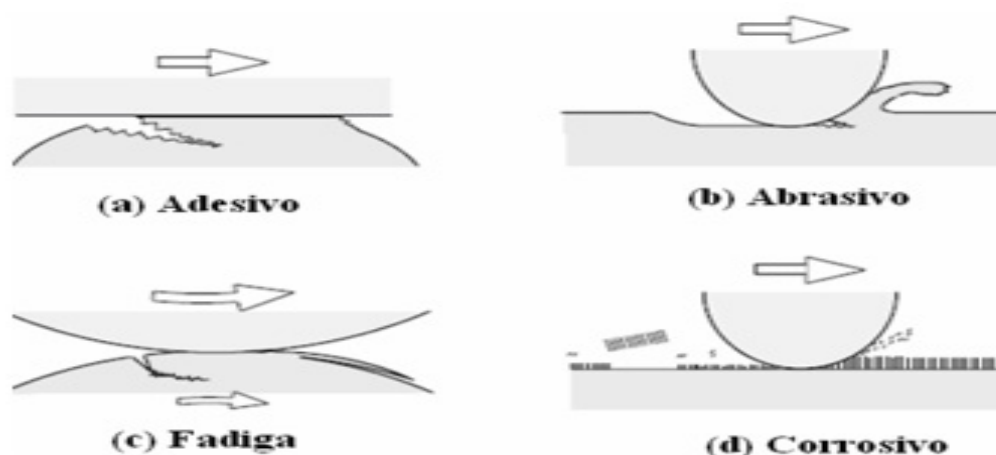


Figura 2 - Tipos de Desgastes
Fonte: Kato, 2001 apud Radi, 2007 et al

O desgaste por adesão ocorre quando dois corpos estão friccionados e os mesmos depois de retirados os esforços podem oferecer uma adesividade, causando uma remoção de material. Segundo Stachowiak (2014), o lubrificante tem grande influência no deslizamento dos metais, pois se não oferecer uma camada protetora para separar o contato entre os mesmos, conseqüentemente ocasionará no desgaste.

Desgaste abrasivo consiste na perda de material por raspagem de partículas devido ao contato de um material com uma superfície mais rígida do que outra (STACHOWIAK, 2014).

Desgaste por fadiga são deformações que ocorrem devido a tensões constantes no material. Essas tensões na zona plástica provocam grandes deformações, pois modificam a microestrutura do material (STACHOWIAK, 2014).

Para Norton (2000), desgaste por corrosão refere à combinação de elementos diferentes promovendo uma oxidação, e a resultante dessa interação pode ocasionar em desgaste nas peças e conseqüentemente uma menor vida útil.

Uma utilização correta de lubrificação usando seus mais variados tipos de lubrificantes ajuda a reduzir problemas causados pelo atrito e desgaste. Com um bom gerenciamento dos lubrificantes ocorre uma diminuição no desgaste de equipamentos, trazendo consigo um acréscimo de maior vida útil e melhoria da eficiência, causando assim, um crescimento na produtividade da empresa (SILVA; WALLBANK, 1998).

3. TIPOS DE LUBRIFICANTES

Os lubrificantes são substâncias criadas para diminuir o contato entre peças em contato direto. Em geral, os lubrificantes se apresentam principalmente nos estados sólidos (grafite), líquidos (óleos lubrificantes), pastosos (graxas). Segundo Belmiro e Carreteiro (2006), os óleos lubrificantes são os mais utilizados nos setores industriais, por apresentar bom ponto de fluidez, sendo capaz de escoar a temperaturas mínimas.

Para Simon (2012), os lubrificantes líquidos são divididos em óleos minerais, sintéticos e semissintéticos.

● Óleos minerais

Os óleos minerais são produzidos a partir da destilação do petróleo por meio do uso de diferentes aditivos e óleos básicos na sua composição, diferente do sintético e semissintético, apresenta um grau de impureza maior. A sua composição é feita basicamente de carbono e hidrogênio, sendo classificados em três tipos espe-



cíficos: naftênicos, parafínicos e mistos. (CARRETEIRO; BELMIRO, 2006).

• Óleos sintéticos

Os óleos sintéticos foram desenvolvidos pelas indústrias no intuito de melhorar o desempenho na lubrificação em comparação com os óleos minerais. São produzidos através da reação química em plantas petroquímicas, substâncias essas, ésteres de ácidos dibásicos, organofosfatos e de silicones composto de ésteres de poli glicol (MANG; DRESEL, 2007).

Segundo Simon (2012), os lubrificantes sintéticos possuem muitas vantagens em seu uso, como boas propriedades de viscosidade e ponto de fluidez, inibindo problemas como desgastes ligados a oxidação em elementos mecânicos. Porém, o que dificulta seu uso é seu alto valor no mercado comparado aos óleos à base somente de minerais.

Contudo, Mang e Dresel (2007), fala que nos últimos anos o uso de óleos sintéticos vem aumentando significativamente principalmente nas indústrias onde ocorrem muitas quebras em suas máquinas por conta do trabalho a altas pressões e temperaturas, necessitando de um tipo de lubrificante que atenda essa necessidade a condições extremas.

• Óleos semissintéticos.

São produzidos a base de óleos sintéticos e minerais, feitos através da junção de ambos se torna um produto misto possuindo as características desses dois tipos de óleos. (FONTENELLE, 2008).

• Graxas

A graxa é definida com uma mistura de material semissólido, podendo ser à base de petróleo ou diferentes misturas de sabão. São costumeiramente utilizadas em aplicações aos quais os demais tipos de lubrificantes principalmente os líquidos não podem atender quando não é necessário fácil escoamento, formando uma película protetora contra a entrada de contaminantes. (PIRRO; WESSOL, 2001).

As graxas são bastante usadas em vazamentos de óleos, por não ser de fácil escoamento, protegem de modo a criar um selante natural. (MOBLEY, 2007).

Os usos de lubrificantes graxosos apresentam várias vantagens, principalmente em peças mecânicas como em mancais de rolamento, pois segundo Pauli (1997), as graxas quando empregadas, possui boa aderência e resistência ao choque dos esforços sobre os mancais de rolamento.

Pode-se dividir a aplicação das graxas em baixas ou altas temperaturas e em



altas rotações.

Para Pauli (1997), a temperaturas baixas é utilizada graxa quando se trabalha a operações que chegam até -70°C , tendo na sua composição sabões de polialfa-oleínas e silicone. Já em temperaturas elevadas, Carreiro (2006), diz que devem ser utilizadas graxas com sabão mais complexas que trabalham em condições acima de 140°C , feitas a base de bentonita e poliúrias por serem mais resistentes ao calor.

Nos trabalhos a altas rotações devem ser utilizadas graxas com boa consistência, consistência essa, parecida com as convencionais, para que não ocorram quebras de maquinários pela perda de lubrificação por causa de escoamento indevido. (COSTA MAIA, 2009).

● Lubrificantes Sólidos

Os lubrificantes sólidos são um tipo de substância sólida empregada em duas superfícies em movimento, ao qual haja um filme de lubrificação separando as partes. Seu maior uso se dá em temperaturas acima de 300°C , em condições extremas de oxidação e pressões elevadas de contato, e em máquinas e equipamentos que necessitam de uma lubrificação a seco. (MANG; DRESEL, 2007).

Para Mang e Dresel (2007), existem três requisitos mínimos aos quais os lubrificantes devem atender, são esses:

1. Grande grau de aderência por parte do filme lubrificante a superfície lubrificada, pois se faz necessário uma boa aderência para que suportem os esforços aplicados a peça;
2. Baixa resistência a força de atrito devido à pouca adesão às camadas de cisalhamento;
3. Coesão interna do filme lubrificante para que a lubrificação se mantenha constante a sua função, não ocorrendo a separação do filme à superfície lubrificada.

Segundo Costa Maia (2009), a grafita é o lubrificante sólido mais utilizado na indústria, onde há também, a mica, talco, borax, sulfato de prata, dissulfeto de molibdênio e o dissulfeto de tungstênio.

Para Pauli (1997), os lubrificantes sólidos de compostos orgânicos são usados em processos de conformação mecânica, como estampagem e trefilação, sendo produzida a base de parafina.

E por fim, segundo Anderson (1991), a aplicações com temperaturas extrema-



mente elevadas devem se usar lubrificantes sólidos como o grafite e óxido de zinco que podem operar em condições até 650 °C.

3.1 Características dos Lubrificantes Líquidos

As principais características dos lubrificantes utilizados na indústria são: viscosidade, índice de viscosidade, ponto de fulgor, ponto de fluidez e densidade.

A viscosidade é umas das propriedades mais importantes para lubrificantes, a falta ou variação de viscosidade pode ocasionar perdas indesejadas quanto à parte de rendimento de um elemento mecânico. Segundo Lago (2007), a redução significativa na viscosidade pode acarretar diversos problemas, tais como perda do filme de óleo, causando desgaste excessivo e geração de calor devido ao atrito mecânico.

Segundo Carreteiro e Belmiro (2006), a viscosidade é a característica mais importante em um óleo lubrificante, e está ligada a resistência do fluído ao escoamento, quanto maior for a viscosidade, menor será a velocidade que o fluído irá escorrer sobre as peças para que haja a lubrificação.

O índice de viscosidade indica o grau de variação da viscosidade por um número empírico sobre a análise de um óleo a dada temperatura, quanto maior a temperatura, menor será sua viscosidade e, quando estiver sobre uma menor temperatura ocorrerá o inverso. (RIBEIRO FILHO, 2016).

Outra característica muito importante a ser analisada é o ponto de fulgor. De acordo com Carreteiro e Belmiro (2006), é a temperatura onde acontece a mudança de estado, onde os óleos começam a sair do estado líquido para vapor, essa temperatura deve ser evitada para que o lubrificante não perca suas propriedades.

Ponto de fluidez é a temperatura mínima que um lubrificante sobre resfriamento pode fluir, lubrificantes com essas propriedades são essenciais para lubrificação em máquinas que operam em condições extremas de frio. Segundo Pauli (1997), essa característica dever ser analisada, pois em condições que operam em ambientes frios, deve-se saber se o lubrificante aplicado irar manter sua lubrificação instável.

A maior parte dos produtos líquidos a base do petróleo é vendido pelo volume e, em alguns casos faz-se necessário conhecer o peso do produto. A densidade é uma propriedade em relação ao peso do volume de óleo lubrificante a uma determinada temperatura (SENAI-ES, 1997).

Para Landsdown (1982), mesmo a viscosidade sendo a propriedade mais importante, existem outras propriedades com grande relevância para escolha de um



melhor lubrificante e que devem ser listadas, tais como:

- Corrosão;
- Toxicidade;
- Estabilidade Química;
- Estabilidade Térmica;
- Inflamabilidade;
- Capacidade de dissipação de calor;
- Compatibilidade;
- Preço.

3.1.1 Regimes de Lubrificação

Devido às condições de trabalho como carga, rugosidade e velocidade de movimento relativo entre as superfícies é necessário definir que regime de lubrificação será empregado (Duarte, 2005).

Para Norton (2004), os regimes são esses: limítrofe, mista, elasto-hidrodinâmica e hidrodinâmica.

O regime limítrofe é quando a película mais fina permite o contato entre metais algumas vezes quando está em movimento, a espessura da película é da mesma altura da rugosidade das peças em movimento (SENAI-ES, 1997). Essa condição não é desejada, pois as peças se desgastam mais rápido devido ao atrito constante.

No regime misto a ordem de grandeza do fluído lubrificante é igual à da rugosidade da superfície lubrificada, sendo melhor que na lubrificação limítrofe, porém ainda podem ocorrer contatos (NORTON, 2004).

A lubrificação elasto-hidrodinâmica ocorre em baixas velocidades ou quando são empregadas em peças cujo trabalho pode expulsar o lubrificante como em dentes de engrenagens. Já o regime hidrodinâmico promove as melhores condições de lubrificação do que qualquer outro regime, pois a quantidade de lubrificante inserida é bem maior que a rugosidade da peça. O filme do óleo é criado devido à velocidade de movimento relativo entre as superfícies lubrificadas (CARRETEIRO; BELMIRO, 2006).

Existe outro tipo de regime chamado de lubrificação hidrostática, esta ocorre quando não existe nenhum movimento relativo, porém existe lubrificação no qual devem suportar altas cargas de pressão para que as superfícies não se toquem (NORTON, 2004).

3.1.2 Aditivos

Fatores externos como temperatura, corrosão, oxidação e contaminantes, afetam na qualidade das propriedades dos lubrificantes. (CARRETEIRO; BELMIRO, 2006).

Segundo Brunetti (2012), os aditivos são classificados de acordo com sua propriedade anexada ao lubrificante melhorando sua eficiência e na eliminação de contaminantes. O quadro 01 ilustra resumidamente as funções dos principais tipos de lubrificantes.

Tipo de Aditivo	Função	Substâncias Usadas
Antioxidantes	retardar a oxidação dos óleos lubrificantes, que tendem a sofrer esse tipo de deterioração quando em contato com o ar, mesmo dentro do motor.	ditiofosfatos, fenóis, aminas
Detergentes / Dispersantes	impedir a formação de depósitos de produtos de combustão e oxidação, mantendo-os em suspensão no próprio óleo e permitindo que sejam retirados pelos filtros ou na troca do lubrificante.	sulfonatos, fosfonatos, fenolatos
Anticorrosivos	neutralizar os ácidos que se formam durante a oxidação e que provocam a corrosão de superfícies metálicas	ditiofosfatos de zinco e bário, sulfonatos
Antiespumantes	minimizar a formação de espumas que tendem a se formar devido a agitação dos óleos lubrificantes e prejudicam a eficiência do produto.	siliconas, polímeros sintéticos
Rebaixadores de ponto de fluidez	impedir que os óleos "engrossem" ou congelem, mantendo sua fluidez sob baixas temperaturas	
Melhoradores de índice de viscosidade	reduzir a tendência de variação da viscosidade com a variação de temperatura	

Quadro 01- Funções dos aditivos

Fonte: Associação de Proteção ao Meio Ambiente de Cianorte (2005).



Conforme Shell (s.d.), além dos aditivos descritos na imagem, existem outros muitos utilizados como:

- Agentes Antidesgastes;
- Agentes EP;
- Modificadores de Fricção.

4. MANUTENÇÃO INDUSTRIAL

A industrialização mecânica teve grande importância na promoção do desenvolvimento econômico em todo o mundo por meio do crescimento das indústrias e suas máquinas, segundo Tavares (2005), a chegada da mecanização nas indústrias foi proporcional à existência de processos de manutenção.

Pode-se conceituar a manutenção como reparo em sistemas específicos: como análises de ocorrência de falhas, lubrificação, troca de peças e componentes, partindo da premissa que todo elemento mecânico no decorrer do seu uso está sujeito a quebras por desgaste e deterioração dos equipamentos, onde se faz necessário uma interferência para que possa ser resolvido o problema. (VIANA, 2006).

Para Kardec e Nascif (2015), o objetivo da manutenção além de restaurar equipamentos e máquinas quebrados, é deixá-lo operante de modo a manter completamente sua função.

Perdas em processos podem ser decorrentes da não utilização ou a falta de manutenção em um sistema de produção dado pelo não cumprimento de requisitos estabelecidos pelo processo ou a falta de organização e planejamento no que diz respeito à execução de uma correta Manutenção Industrial (MARCORIM E LIMA, 2013).

Segundo Kardec e Nascif (2015), a manutenção industrial é o conjunto de ações necessárias para manter máquinas e equipamentos, objetivando uma boa condição operável de modo a não ocorrência de quebras e altos custos.

Para Mobley (2007), a lubrificação é uma forma primitiva de manutenção industrial preventiva, garantindo por meio de uma boa gestão, uma ferramenta que garante um baixo custo se comparado à manutenção por quebra, trazendo um acréscimo na produção das empresas por meio do bom funcionamento dos seus ativos.

Ainda sustentando essa ideia, Belinelli (2011), diz que a lubrificação é entendi-

da como uma forma de manutenção preventiva desde os tempos passados, sendo eficaz no aumento de vida útil do maquinário, pois evita quebras indesejadas.

Segundo Bannister (1996), o uso de lubrificantes em maquinários e equipamentos é uma forma de manutenção industrial, e acarreta vários benefícios aos elementos mecânicos como:

- Diminui o atrito e desgaste causado nas peças;
- Diminui a temperatura ao qual são expostas as máquinas e equipamentos durante o desempenho de determinada função;
- Evita a corrosão precoce dos elementos mecânicos;
- Promove uma vedação contra contaminantes, devido a formação de uma película de lubrificante.

No entanto, para tal benefício é necessária uma correta lubrificação no que diz respeito ao conhecimento de determinado lubrificante para aquela função em específico, intervalo de aplicação, dentre outros, pois segundo Lansdown (2004), uma incorreta lubrificação irá ocasionar em prejuízos como perda da funcionalidade do sistema mecânico.

Essa ideia é reforçada por Mang e Dresel (2007), que citam o aumento no consumo de energia, pois antes que ocorram falhas em processos, ocorre a força de atrito por meio do choque constante entre eles, ocasionando a sobrecarga em equipamentos como em motores e bombas.

Bannister (1996) reforça sobre a lubrificação como forma fundamental de um sistema, pois segundo ele 50% das ocorrências de quebra em um setor de máquinas e equipamentos estão ligadas à falta ou incorreta lubrificação.

4.1 Lubrificação Industrial

Para Filho (2004), a lubrificação industrial é umas das principais formas de manutenção industrial tendo como finalidade a disponibilização dos usos de máquinas e equipamentos operando corretamente.

A Lubrificação na indústria é muito utilizada na parte que requer manutenções periódicas em maquinários, havendo a necessidade de um conhecimento técnico e prático na sua aplicação, pois sendo bem administrada, traz grandes benefícios, quanto a parte de garantir a disponibilidade de máquinas e equipamentos mecânicos (XAVIER, 2011).



No entanto, segundo Viana (2006), para que possam obter significativas melhoras nos processos se faz necessário um sistema de lubrificação organizado.

Portanto, deve haver uma especialização com profissionais que trabalham com lubrificação, as empresas devem investir na capacitação dos funcionários nesse tipo de manutenção

Segundo Viana (2006), uma correta gestão das atividades de lubrificação seguindo um plano preventivo de manutenção, pode minimizar ou até eliminar problemas como:

- Insuficiência nos maquinários por uso de lubrificação deficiente;
- Perda de eficiência no equipamento;
- Aquecimento no sistema por uso excessivo de lubrificação;
- Problemas como corrosão, abrasão e ferrugem no maquinário por lubrificante contaminado (contaminação por água, condensado, elementos químicos e limalhas de ferro ou qualquer material sólido, além da oxidação do lubrificante).

A lubrificação é um fator decisivo quanto a parte de produção e redução de gastos, melhora de serviço e performance de sistemas, além do auxílio contra desgaste, ruídos e outros fatores de grande relevância para as indústrias, por isso é que a lubrificação industrial é de grande importância e não deve ser deixada de lado pelos gestores e seus funcionários, medidas simples traz inúmeros benefícios como os já descritos (LANDSDOWN, 2004).

Referências

- ANDERSON, K.J. A History Of Lubricants. **Mrs Bulletin**, Cambridge, Reino Unido, V. 16, N.10, P.69, 1991.
- APROMAC - Associação de Proteção ao Meio Ambiente de Cianorte. **Relatório de Gestão no Conselho Nacional de Meio Ambiente - CONAMA**: justificativa da opção pelo rerrefino. Cianorte: APROMAC, 2005.
- AZEVEDO, J. B.; CARVALHO, L. H.; FONSECA, V. M. **Propriedades reológicas de óleos lubrificantes minerais e sintéticos com degradação em motor automotivo**. 3o Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás, 2005 Salvador BA.
- BANNISTER, Kenneth. **Lubrication for Industry**, 1 st Edition, New York, Published by Hardcover Industrial Press Incorporation, USA, 1996.
- BELINELLI, Marjore. **Desenvolvimento de um sistema informatizado aplicado à gestão de planos preventivos de lubrificação industrial**. 2011. 173 f. Dissertação (Título de Doutorado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2011.
- BHUSHAN, B. **Introduction to Tribology**. Wiley, 2 nd edition, 2013.



- BRUNETTI, F. **Motores de combustão interna**. Vol. 1. São Paulo: Blucher, 2012.
- BURWELL, J.; T. **Survey of possible wear mechanisms**. Wear, 1ed. 1957.
- CARRETEIRO, Ronald P; BELMIRO, Pedro Nelson A. **Lubrificantes e lubrificação Industrial**. 1ed. Rio de Janeiro: Interciencia, 2006.
- DUARTE, Durval Júnior. **Tribologia, Lubrificação e Mancais de Deslizamento**. Editora Ciência Moderna. 1a Edição, p. 256, São Paulo, 2005.
- ESCHER, Orestes Ricardo; LOSEKANN, Claudio Roberto. **Projeto eficiência energética pela Lubrificação**. 2012. 16 f. Projeto (Pós-graduação em eficiência energética aplicadas aos processos produtivos) – Universidade federal de Santa Maria, Novo Hamburgo, 2012.
- FILHO, G.B. **Dicionário de termos de manutenção, confiabilidade e qualidade**. 3ª ed. Rio de Janeiro: Ciência Moderna Ltda, 2004. 273 p.
- FONTENELLE, Tatiana. **Óleos Sintéticos – Tecnologia ou Marketing**, Revista Lubrificantes em Foco, dezembro de 2008.
- KARDEC, A.; NASCIF, J. **Manutenção: função estratégica**. 4.ed. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora, 2015.
- LAGO, D. F. **Manutenção de redutores de velocidade pela integração das técnicas preditivas de análise de vibrações e análise de óleo lubrificante**. 2007. 151 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Unesp, Ilha Solteira, 2007.
- LANDSDOWN, A. R. **Lubrication - A Practical Guide to Lubricant Selection**. Grã Bretanha: Pergamon Press, 1982.
- LANDSDOWN, A.R. **Lubrication and Lubricant Selection: A Practical Guide**, 3rd /edition, published by Professional Engineering Limited, London, United Kingdom, 2004.
- MAIA, Júlio Cesar da Costa. **Monitoramento de lubrificantes através de reações de oxidação**. 2009. Monografia (Graduação Engenharia Ambiental) – Engenharia de Petróleo e Gás Natural, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2009
- MANG, Theo; DRESEL, W. **Lubricants and Lubrication**, 2nd Edition, Published by WILEY-VCH Verlag GmbH & Co, Weinheim, Germany, 2007.
- MARCORIN, W.; LIMA, C. **Análise dos Custos de Manutenção e de Não-manutenção de Equipamentos Produtivos**. Revista de Ciência & Tecnologia, v.11, n.22, 2013.
- MENEGATO, Felipe Oliveira. **Logística reversa do óleo lubrificante usado ou contaminado**. 2018. 50 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Mecânica) – Centro Universitário do Sul de Minas, Varginha, 2018.
- MOBLEY, Keith. **Maintenance Fundamentals**, 2 nd Edition, Published by Elsevier Butterworth-Heinemann, 2007.
- NIEMANN, Gustav. **Elementos de Máquinas**. Volume II. Edgard Blucher, 2014.
- NORTON, R. L. **Projeto de Máquinas: Uma abordagem Integrada**. Bookman, São Paulo, 2000.
- NORTON, R. L. **Projeto de Máquinas**. 2. ed. Porto Alegre, RS: Bookman, São Paulo, 2004.
- PAULI, Evandro Armini; ULIANA, Fernando Saulo. **Lubrificação mecânica**. Vitória. Senai, 1997. 98 p.
- PIRRO, D.M; WESSOL, A.A. **Lubrication Fundamental**, 2nd Edition, New York, U.S.A, Published by Marcel Dekker Incorporation, 2001.
- RADI, P. A. et al. **Tribologia, conceitos e aplicações**. In: Encontro de iniciação científica e pós-graduação do ITA, 13. Anais... São José dos Campos: Instituto Tecnológico de Aeronáutica, 2007.
- RIBEIRO FILHO, Paulo Roberto Campos. **Propriedades físicas de óleos minerais e vegetais e avaliação por desgaste por four ball**. Revista Brasileira de Energias Renováveis, Curitiba, v.5, p. 154 – 163, ago. 2016. Disponível em: Acesso em: 26 set. 2019.
- RIZVI, S. Q. A. **A comprehensive review of lubricant chemistry, technology, selection and design**. West Conshohochen: ASTM International, 2009.
- SENAI-ES. **Lubrificação-Mecânica**. 1997. Disponível em <<http://www.abraman.org.br/docs/apostilas/Mecanica-Lubrificacao.pdf?viewType=Print&viewClass=Print>>. Acesso em: 20 maio 2019.



SILVA, Marcio B; WALLBANK, J. **Lubrication and Application Method in Machining, Industrial Lubrication and Tribology**, vol 50 n° 4, July/August, 1998

SIMON, C Tung; GEORGE, E Totten. **Lubrificantes e testes automotivos**. São Paulo. SAE International, 2012.

Shell. **Lubrificação - Informação geral sobre Lubrificação e Lubrificantes**. Shell Portuguesa, S.A.R.L., s.d.

SPEIGHT, J. G.; EXALL, D. I. **Refining Used Lubricating Oils**. Nova Iorque: CRC Press, 2014.

STACHOWIAK, G. W.; BATCHELOR, A. W. **Engineering tribology, 4 ed.**United States: Butterworth-Heinemann , 2014.

STOETERAU, R. L; LEAL, L. C. **Apostila de Tribologia**. Departamento de Engenharia Mecânica. Universidade Federal de Santa Catarina, 2014.

TAVARES, Mauro Calixta. **Gestão estratégica**. 2.ed. São Paulo: Atlas, 2005.

VIANA, Herbert Ricardo Garcia. PCM – **Planejamento e Controle de Manutenção**. 1 a Edição, Rio de Janeiro, Editora Qualitymark, 2006.

YOUNG, Hugh D. FREEDMAN, Roger A. **Física1- mecânica**. 12ed São Paulo. Pearson, 2008.

XAVIER, L. P.; BRONZI, M. O., **Estudo da acidez em óleo lubrificantes hidráulicos usados**; Uni-Anhanguera; Goiás, 2011.



CAPÍTULO 5

INTELIGÊNCIA ANALÍTICA DISPONDO DO APRENDIZADO DE MÁQUINA PARA MELHOR PERFORMANCE

ANALYTICS DISPOSE MACHINE LEARNING FOR BETTER PERFORMANCE

Deborah Thais Alves Magalhães

Resumo

Este trabalho propõe-se determinar a importância do aprendizado de máquina, aplicado na inteligência analítica, para o aperfeiçoamento de serviços oferecidos por diversos setores. Uma vez que a maioria dos departamentos manuseia grandes quantidades de dados, é preciso a inserção de certos métodos para saber quais desses dados pode vir a ser aproveitado, e a implantação da inteligência analítica traz essa proposta para que se possa ter um melhor aproveitamento de informações, e o aprendizado de máquina automotiva a construção de modelos analíticos, identificando padrões com base nos dados coletados, melhorando a competitividade e o desempenho da inteligência analítica no meio em que será empregada.

Palavras chave: Aprendizado de máquina, big data, coleta de dados, inteligência analítica, mineração de dados, solução de problemas, tomada de decisão estratégica.

Abstract

This work aims to determine the importance of machine learning, applied in analytics, for the improvement of services offered by various sectors. Since most departments handle large amounts of data, it is necessary to enter certain methods to know which data can be harnessed, and the deployment of analytics brings this proposition so that information can be better utilized, and machine learning to build automotive analytical models by identifying patterns based on the data collected, improving the competitiveness and performance of analytics in the medium in which it will be employed.

Key-words: Machine learning, big data, data collect, analytics, data mining, problem solving, strategic decision making.



1. INTRODUÇÃO

A inteligência analítica (em inglês, *analytics*) analisa os dados e encontra padrões e conhecimentos significativos que ajudam no gerenciamento de informações para melhorar a competitividade e ter um melhor aproveitamento no âmbito em que será empregada. Em suas aplicações, é destacado o aprendizado de máquina (em inglês, *machine learning*), ele automatiza a construção de modelos analíticos, pois como seu nome sugere, o sistema aprende com dados coletados a identificar padrões e tomar melhores decisões baseadas no recolhimento de dados e em tentativas anteriores.

Há uma abundante quantidade de dados trafegando diariamente, e saber quais dados devem ser aproveitados, para que essas informações possam oferecer benefícios no aprimoramento de serviços é o desafio que inúmeros empreendimentos encontram em seu meio. Logo, a *analytics* se torna primordial para os vários setores que a utilizam, oferecendo um suporte mais satisfatório para quem os dispõe, assegurando a uniformização e a precisão das informações, para que melhores soluções sejam tomadas.

O objetivo geral deste trabalho foi determinar a importância do aprendizado de máquina, aplicado na inteligência analítica, para o aperfeiçoamento de serviços oferecidos em diversos setores. Enquanto que os objetivos específicos foram assimilar o conceito de inteligência analítica e do aprendizado de máquina, compreender quais recursos utilizados na inteligência analítica e coleta de dados, e identificar como o aprendizado de máquina é inserido na inteligência analítica para seu melhor desenvolvimento.

2. INTELIGÊNCIA ANALÍTICA

No que se refere como *Analytics*, sua melhor definição é: “A análise de dados é o processo pelo qual os dados brutos são coletados de várias fontes e é então convertido em informação significativa, que pode ser usada por várias partes interessadas para tomar melhores decisões” (COVINGTON, 2016).

A análise de dados pode ser simples, “o termo é usado principalmente para descrever a análise de dados de alta velocidade ou grandes volumes de dados, o que, por sua vez, oferece desafios únicos em relação à velocidade de cálculo e gerenciamento de dados” (JONES, 2018).



2.1. Tipos de análises de dados

De acordo com Jones (2018), análise de dados é classificada em quatro paradigmas:

- **Análise descritiva (o que aconteceu?):** Esse é o tipo mais comum de análise de dados. “Faz uma análise dos dados disponíveis em tempo real, juntamente com os dados históricos, para obter informações significativas sobre o futuro do serviço. O objetivo principal desse tipo de análise de dados é ajudar a descobrir os vários motivos que explicam o sucesso ou o fracasso do passado” (JONES, 2018);
- **Análise diagnóstica (qual foi a causa?):** “Permite profundamente a compreensão do problema com as informações detalhadas da ajuda e consultas aprofundadas da análise descritiva para ajudar a eliminar a causa raiz do problema. Em termos mais simples, aqui, os dados históricos são comparados com outros dados para responder à pergunta: por que isso aconteceu? Os serviços agora podem progredir, apontar dependências e discernir padrões com análises de diagnóstico” (JONES, 2018);
- **Análise preditiva (o que vai acontecer?):** Envolve uma análise de padrões em dados passados e tendências para prever o resultado futuro com precisão. A partir de agora “é fácil apontar tendências, exceções e subgrupos, prevendo tendências futuras, graças à análise preditiva. Tudo isso faz da análise uma ferramenta muito valiosa. Ao usar várias abordagens estatísticas e algoritmos de aprendizado de máquina, é possível prever a possibilidade de um evento ocorrer no futuro (com as informações vitais fornecidas pela análise)” (JONES, 2018);
- **Análise prescritiva (o que fazer?):** A análise prescritiva é onde a inteligência artificial e a big data entram em ação. “A análise prescritiva destina-se precisamente a prescrever o tipo de ação que deve ser executada para resolver o problema futuro. Em seguida, análises preditivas são incluídas para ajudar a entender os principais motivos de complicações e encontrar a melhor solução. Funciona combinando modelos matemáticos, muitas regras de negócios e dados. Os modelos matemáticos incluem processamento de linguagem natural, aprendizado de máquina, estatística e pesquisa de operações, entre outros” (JONES, 2018).



3. APRENDIZADO DE MÁQUINA

Aprendizado de Máquina é um campo de suma importância para aplicações práticas na Inteligência Artificial. Para Luger (2007), o Aprendizado de Máquina “é uma solução do problema que seria no caso de os programas começassem com uma quantidade mínima de conhecimento e aprendessem a partir de exemplos, de aconselhamentos de alto nível ou, ainda, de suas próprias explorações do domínio”.

É uma área da Inteligência Artificial que é muito abrangente, e de rápida expansão. O *machine learning*, ao longo dos anos tem funcionado como objetivo para o progresso da Inteligência Artificial. Para Negnevitsky (2005), o aprendizado de máquina envolve mecanismos adaptativos que permite que os computadores aprendam com a experiência, aprendam pelo exemplo e aprendam pela analogia. Capacidades de aprendizado podem melhorar o desempenho de um sistema inteligente ao longo do tempo.

3.1. Tipos de aprendizado

Para Shwartz e David (2014), a aprendizagem é, obviamente, um domínio muito amplo. Consequentemente, o campo de aprendizado de máquina se ramificou em vários campos, lidando com diferentes tipos de tarefas de aprendizado.

São descritos quatro parâmetros dos quais paradigmas de aprendizagem podem ser classificados:

- Aprendizado supervisionado: “Um conjunto de exemplos de treinamento com as respostas corretas é fornecido e, com base nesse conjunto de treinamento, o algoritmo generaliza para responder corretamente a todas as entradas possíveis. Isso também é chamado de aprender com exemplos” (MARSLAND, 2015);
- Aprendizado não supervisionado: “As respostas corretas não são fornecidas, mas, em vez disso, o algoritmo tenta identificar semelhanças entre as entradas, de modo que as entradas que têm algo em comum sejam categorizadas juntas. A abordagem estatística da aprendizagem não supervisionada é conhecida como estimativa de densidade” (MARSLAND, 2015);
- Aprendizado por reforço: “Está em algum lugar entre o aprendizado supervisionado e o não supervisionado. O algoritmo é informado quando a resposta está errada, mas não é contada como corrigi-lo. Ele tem que explorar e experimentar diferentes possibilidades até descobrir como acertar a resposta” (MARSLAND, 2015);



- Aprendizagem evolutiva: "A evolução biológica pode ser vista como um processo de aprendizagem: os organismos biológicos se adaptam para melhorar suas taxas de sobrevivência e chance de ter filhos em seu ambiente" (MARSLAND, 2015).

4. TÉCNICAS DO APRENDIZADO DE MÁQUINA INCORPORADO NA INTELIGÊNCIA ANALÍTICA

Para Covington (2016), a análise de dados e aprendizado de máquina estão intimamente ligados. A análise de dados, através do cientista de dados, usará o aprendizado de máquina para construir algoritmos capazes de automatizar alguns elementos de resolução de problemas, o que é vital para projetos complexos orientados por dados.

Segundo Hall, Phan e Whitson (2016), embora algumas aplicações de aprendizado de máquina sejam usadas há muitos anos, as melhorias na tecnologia estão abrindo ainda mais oportunidades. Algumas das aplicações mais modernas do aprendizado de máquina incluem sistemas de recomendação, análise de streaming e aprendizado profundo.

Ainda de acordo com Hall, Phan e Whitson (2016), o aprendizado de máquina baseia-se em vários campos de estudos, como inteligência artificial, mineração de dados, estatística, entre outros. A mineração de dados, um processo normalmente usado para estudar um problema comercial específico com uma meta de negócios específica, utiliza tecnologias de armazenamento e manipulação de dados para preparar os dados para análise. Então, como parte da tarefa de mineração de dados, algoritmos estatísticos ou de aprendizado de máquina podem detectar padrões nos dados e fazer previsões sobre novos dados.

Para Covington (2016), os tipos de aprendizado de máquina são abrangentes, desde um modelo de regressão até redes neurais, mas todos se concentram em uma coisa, isto é, ensinar o computador a reconhecer padrões e reconhecê-los bem. Como por exemplo: modelos preditivos capazes de antecipar o comportamento de um usuário, algoritmos clusterizados que podem extrair e encontrar semelhanças naturais entre clientes, modelos de classificação que podem reconhecer spam e filtrá-lo, mecanismos de recomendação que podem aprender sobre preferências, redes neurais que aprendem como um padrão se parece.

5. BIG DATA

De acordo com Zikopoulos et al. (2012), o termo Big Data se aplica a informações que não podem ser processadas ou analisadas usando processos ou ferramentas tradicionais. Progressivamente, as organizações enfrentam cada vez mais desafios de Big Data. Eles têm acesso a uma grande quantidade de informações, mas não sabem como obter valor porque estão em sua forma mais bruta ou em um formato semiestruturado ou não estruturado, e, como resultado, não sabem se vale a pena mantê-lo, ou mesmo se é capaz de mantê-lo.

O Big Data fornece amostras estatísticas gigantescas, que aprimoram os resultados das ferramentas analíticas. “A maioria das ferramentas projetadas para mineração de dados ou análise estatística tendem a ser otimizadas para grandes conjuntos de dados. De fato, a regra geral é que quanto maior a amostra de dados, mais precisas são as estatísticas e outros produtos da análise” (RUSSOM, 2011).

5.1. Características do Big Data

De acordo com Russom (2011), a maioria das definições de big data concentra-se no tamanho dos dados de armazenamento. O tamanho é importante, mas existem outros atributos significativos da big data, como a variedade e a velocidade dos dados, que pode ser observado na Figura 1.



Figura 1 – Os três Vs do Big Data.
Fonte: Adaptado de Russom (2011, p.6).

“A plataforma de Big Data da IBM oferece a oportunidade única de extrair visão de um imenso volume, variedade e velocidade de dados, em contexto, além do que já anteriormente possível” (ZIKOPOULOS et al., 2012).

- Volume de dados: O grande volume de dados armazenados está explodindo. Muitos dos dados que estão sendo criados não são analisados e esse é outro problema que está sendo tentado resolver. Espera-se que até 2020, o número de dados atinja 35 zettabytes (ZB). “Como está implícito no termo “Big Data”, as organizações estão enfrentando grandes volumes de dados. As organizações que não sabem gerenciar esses dados ficam sobrecarregadas. Mas existe a oportunidade, com a plataforma tecnológica correta, de analisar quase todos os dados para entender melhor seus negócios, seus clientes e o mercado” (ZIKOPOULOS et al., 2012).
- Variedade de dados: “Com a explosão de sensores e dispositivos inteligentes, bem como tecnologias de colaboração social, os dados tornaram-se complexos, porque incluem não apenas dados relacionais tradicionais, mas também dados brutos. Muito simplesmente, a variedade representa todos os tipos de dados - uma mudança fundamental nos requisitos de análise dos dados estruturados tradicionais para incluir dados brutos, semiestruturados e não estruturados, como parte do processo de tomada de decisão e insight. As plataformas analíticas tradicionais não conseguem lidar com variedade. No entanto, o sucesso de uma organização dependerá de sua capacidade de extrair insights dos vários tipos de dados disponíveis” (ZIKOPOULOS et al., 2012).
- Velocidade dos dados: “Um entendimento convencional de velocidade normalmente considera a rapidez com que os dados são recebidos e armazenados e as taxas associadas de recuperação. Às vezes, obter uma vantagem sobre concorrentes pode significar identificar uma tendência, problema ou oportunidade apenas alguns segundos, ou mesmo microssegundos, antes de outra pessoa. Além disso, cada vez mais dados que estão sendo produzidos têm um prazo de validade muito curto, portanto, as organizações devem poder analisá-los quase em tempo real, se esperam encontrar informações sobre esses dados” (ZIKOPOULOS et al., 2012).

6. MINERAÇÃO DE DADOS

De acordo com Jones (2018), mineração de dados (em inglês, data mining), é o processo de aprofundamento de grandes conjuntos de dados, analisando-os e extraíndo o significado desses dados por métodos auxiliados por computador. As ferramentas de mineração de dados preveem tendências e comportamentos futuros e, portanto, permitem tomadas de decisões que não são apenas proativas, mas também baseadas no conhecimento.

Para Witten e Frank (2005), os dados analisados de forma inteligente são um recurso valioso. Pode levar a novas ideias e, em ambientes comerciais, a vantagens competitivas. A mineração de dados é o “processo de descoberta de padrões

nos dados. O processo deve ser automático ou (mais geralmente) semiautomático. Os padrões descobertos devem ser significativos, pois levam a alguma vantagem, geralmente uma vantagem econômica. Os dados estão invariavelmente presentes em quantidades substanciais” (WITTEN; FRANK, 2005).

Ainda conforme Witten e Frank (2005), muitas técnicas de aprendizado procuram descrições estruturais do que é aprendido, descrições que podem se tornar complexas e geralmente são expressas como conjuntos de regras. Essas descrições servem para explicar o que foi aprendido e explicar a base para novas previsões.

A experiência mostra que, em muitas aplicações de aprendizado de máquina para mineração de dados, “as estruturas explícitas de conhecimento adquiridas, as descrições estruturais são pelo menos, muitas vezes mais importantes, do que a capacidade de ter bom desempenho em novos exemplos. A mineração de dados é frequentemente usada para obter conhecimento, não apenas previsões” (WITTEN; FRANK, 2005).

7. RECURSOS UTILIZADOS NA INTELIGÊNCIA ANALÍTICA E COLETA DE DADOS

De acordo com Jones (2018), a coleta de informações utiliza uma série de instrumentos principais, como entrevistas, pesquisas, entres outros, com a ajuda de ferramentas analíticas e da Web, é possível também coletar dados do tráfego do site, dispositivos móveis e atividade do servidor, entre outras fontes relevantes de informações.

Para Covington (2016), embora os requisitos de dados possam não ser os mesmos para todas as corporações, a maioria das etapas a seguir são as mais comuns para o processo de análise.

7.1. Definir os objetivos

O primeiro passo no processo de análise de dados é a definição de objetivos. É importante que os objetivos definidos sejam claros, mensuráveis e concisos. Esses objetivos podem estar na forma de perguntas.

Notavelmente, a natureza dos dados coletados difere muito com base no tipo de perguntas que são feitas. Como a análise de dados é um processo tedioso, é necessário que não se perca tempo com a equipe de dados da área na coleta de dados inúteis (COVINGTON, 2016. p.73).



7.2. Definir as prioridades de medidas

Essa etapa é quando precisa ser decidido que tipo de dados é preciso para responder às perguntas de para definir os objetivos.

É muito importante que seja decidido sobre os parâmetros que serão usados para medir os dados antes de começar a coletá-los. Isso ocorre porque a forma como os dados são medidos desempenha um papel importante na análise dos dados coletados nos estágios posteriores (COVINGTON, 2016. p.74).

7.3. Coleta de dados

Nessa etapa, é feita a coleta dos dados. Agora que já foi definida as prioridades e parâmetros de medição, será mais fácil coletar dados de maneira periódica:

- “Antes de coletar os dados, é necessário fazer um balanço dos dados disponíveis. Isso pode economizar tempo necessário para coletar esses dados específicos novamente. Da mesma forma, que é preciso agrupar todas as informações disponíveis” (COVINGTON, 2016. p.76);
- “Se tem pretensão de coletar informações de fontes externas na forma de um questionário, é preciso gastar uma boa quantidade de tempo para decidir as perguntas importantes que são precisas fazer” (COVINGTON, 2016. p.77);
- “Certificar que tenha registros adequados ao inserir os dados coletados. Isso pode ajudar a analisar as tendências do mercado” (COVINGTON, 2016. p.77);
- “Verificar o orçamento alocado para fins de coleta de dados. Com base no orçamento disponível, é possível identificar os métodos de coleta de dados que são econômicos” (COVINGTON, 2016. p.77).

7.4. Limpeza de dados

Nesse estágio, os dados coletados não serão necessariamente prontamente utilizáveis. “É por isso que a limpeza de dados é crucial neste processo, para garantir que os dados sem sentido não encontrem seu caminho no estágio de análise” (COVINGTON, 2016. p.78).



7.5. Análise de dados

Agora que os dados necessários foram coletados, é hora de processá-los. Segundo Covington (2016), é possível recorrer a diferentes técnicas para analisar os dados, como:

- análise exploratória de dados (esse é um método pelo qual os conjuntos de dados são analisados com o objetivo de resumir suas características distintas);
- estatísticas descritivas (os dados são analisados para identificar e descrever as principais características dos dados coletados, é diferente do método de análise exploratória pois os dados coletados são analisados para aprender mais sobre a amostra);
- visualização de dados (nada mais é do que a representação de dados em uma forma visual).

7.6. Interpretando os resultados

Depois de analisar os dados, é hora de interpretar seus resultados. “A importância de interpretar com precisão os dados não podem ser suficientemente enfatizados. É preciso ter profissionais experientes que saibam como coletar dados orgânicos e interpretar os resultados corretamente” (COVINGTON, 2016. p.82).

8. ANÁLISE AVANÇADA E DESCOBERTA DE PADRÕES

“Com os recentes avanços em ciência e tecnologia, particularmente no aprendizado de máquina, as organizações estão adotando estratégias de análise maiores e mais abrangentes” (HALL; PHAN; WHITSON, 2016). Para Jones (2018), o valor do aprendizado de máquina reside basicamente em sua capacidade de criar modelos com precisão para orientar ações futuras e descobrir padrões nunca antes vistos.

Ainda de acordo com Jones (2018), aprendizado de máquina é a ciência moderna capaz de obter padrões e gerar previsões a partir de dados com base no trabalho de mineração de dados, estatística multivariada, reconhecimento de padrões e análise avançada. “Os métodos do aprendizado de máquina são especialmente eficazes em situações nas quais é necessário desvendar perspectivas preditivas e profundas de conjuntos de dados grandes, diversos e que mudam rapidamente.



Por meio desses tipos de dados, o aprendizado de máquina supera os métodos tradicionais com facilidade em escala, velocidade e precisão” (JONES, 2018).

O aprendizado de máquina de alto desempenho pode fazer uma análise de todo o conjunto de grandes dados em vez de apenas uma amostra dele. “Essa escalabilidade permite que as soluções preditivas baseadas em algoritmos complexos sejam um pouco mais precisas e também aumenta a importância da velocidade do software para interpretar bilhões de colunas e linhas em tempo real” (JONES, 2018).

9. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Discorreu-se sobre uma importante questão na comunidade científica, por sua relevância em determinadas áreas com sua aplicação, a inteligência analítica dispondo do aprendizado de máquina se torna essencial para que análise de dados tenha um melhor destaque na obtenção de resultados satisfatórios, contribuindo para a descoberta de padrões para que melhores soluções sejam tomadas.

Foi abordado a definição de inteligência analítica e suas principais técnicas de análise, para compreensão do trabalho e de sua relevância. Definiu-se também sobre o conceito de aprendizado de máquina, além dos tipos de aprendizagem que este campo possui, se tornando uma base para a percepção de como essas técnicas são inseridas na inteligência analítica.

Além de apontar as técnicas de aprendizado, como essas técnicas são compostas, e os diferentes tipos de aprendizado. Foi apresentado também a utilização de vários outros campos de estudos, que auxiliam as técnicas de análise, como a inteligência artificial, big data e suas características, mineração de dados, entre outros.

E, por fim, os recursos que a inteligência analítica utiliza para coleta de dados, conceituando as etapas envolvidas no processo de análise de dados, sendo em suma seis etapas: definição dos objetivos, definição das prioridades de medidas, coleta de dados, limpeza dos dados, análises dos dados, e interpretação dos resultados. Ressaltando ainda a análise avançada, e como essa estratégia de análise lida com uma maior quantidade de dados por ser mais abrangente.

Referências

COVINGTON, Daniel. **Analytics**: Data Science, Data Analysis and Predictive Analytics for Business. Estados Unidos: Edição do Kindle, 2016.

HALL, Patrick; PHAN, Wen; WHITSON, Katie. **The Evolution of Analytics**: Opportunities and Challenges for Machine Learning in Business. Estados Unidos: O'Reilly Media, Inc., 2016.

JONES, Herbert. **Analítica de dados**: Una guía esencial para principiantes en minería de datos, recolección de datos, análisis de big data para negocios y conceptos de inteligencia empresarial (Data Analytics). Estados Unidos: Edição do Kindle, 2018.

LUGER, George. **Inteligência Artificial**: Estruturas e Estratégias para a Solução de Problemas Complexos. tradução Paulo Martins, Porto Alegre: Bookman, 2007.

MARSLAND, Stephen. **Machine Learning**: An Algorithmic Perspective. Estados Unidos: Taylor & Francis Group, 2015.

NEGNEVITSKY, Michael. **Artificial Intelligence**: A Guide to Intelligent Systems. Reino Unido: Addison Wesley, 2005.

RUSSOM, Philip. **Big Data Analytics**. Estados Unidos: TDWI (The Data Warehousing Institute), 2011.

SHWARTZ, Shai Shalev; DAVID, Shai Ben. **Understanding Machine Learning**: From Theory to Algorithms. Estados Unidos: Cambridge University Press, 2014.

WITTEN, Ian; FRANK, Eibe. **Data Mining**: Practical Machine Learning Tools and Techniques. Estados Unidos: Morgan Kaufmann Publishers, 2005.

ZIKOPOULOS, Paul. et al. **Understanding Big Data**: Analytics for Enterprise Class Hadoop and Streaming Data. Estados Unidos: McGraw-Hill Companies, 2012.



CAPÍTULO 6

EXTRAÇÃO E IDENTIFICAÇÃO DOS CURCUMINÓIDES OBTIDOS DO RIZOMA DO AÇAFRÃO (*Curcuma longa* L.)

EXTRACTION AND IDENTIFICATION OF CURCUMINOIDS OBTAINED
FROM THE SAFFRON RHIZOME (*Curcuma longa* L.)

Amanda Fernandes Florencio

Bárbara Marques Lima

Isabela Vicente

Vinicius Viotto de Souza

Maira Akemi Casagrande Yamato

Melina Aparecida Plastina Cardoso

Jorge Luis Costa

Resumo

A procura por componentes naturais que promovem o bem-estar e saúde tem aumentado nos últimos anos, e um dos nichos em que este fato pode ser visto é o dos suplementos alimentares. A curcumina (um corante natural que possui vitaminas como ferro, manganês e potássio), tem ação antioxidante, anti-inflamatória, ajuda na prevenção de diabetes e alivia inflamações relacionadas a doenças neurológicas. Além disso, possui a capacidade de diminuir os níveis de colesterol no organismo e é utilizada, em alguns casos, no tratamento de artrite e redução de danos musculares e estado oxidativo para o aumento de resistência durante um exercício físico. Diante deste cenário, o presente trabalho tem por objetivo realizar a extração de curcuminóides a partir do rizoma do açafrão (*Curcuma longa* L.), por dois diferentes métodos (a frio e a quente) e buscar, através de análise qualitativa (álcool-ácido), a comprovação de tais extrações. A extração a frio (método de Bli-gh-Dyer) apresentou um rendimento de 6,6% m/m enquanto o método a quente (Soxhlet) apresentou rendimento de 1,5% m/m. A identificação dos curcuminóides através do método qualitativo comprovou a presença dos curcuminóides em ambas as extrações. Para que os curcuminóides apresentem ação mais eficiente e afim garantir uma maior estabilidade, recomenda-se a sua encapsulação.

Palavras chave: Curcumina, Curcuminóides, Extração, Comprovação, Encapsulação.

Abstract

The demand for natural components that promote well-being and health has increased in recent years, and one of the niches in which this fact can be seen is that of food supplements. Curcumin (a natural dye that has vitamins such as iron, manganese and potassium), has antioxidant, anti-inflammatory action, helps in preventing diabetes and relieves inflammation related to neurological diseases. In addition, it has the ability to decrease cholesterol levels in the body and is used, in some cases, to treat arthritis and reduce muscle damage and oxidative status to increase endurance during exercise. Given this scenario, the present work aims to extract curcuminoids from the saffron rhizome (*Curcuma longa* L.), by two different methods (cold and hot) and seek, through qualitative analysis (alcohol-acid), proof of such extractions. Cold extraction (Bli-gh-Dyer method) showed a yield of 6.6% m/m while the hot method (Soxhlet) showed a yield of 1.5% m/m. The identification of curcuminoids through the qualitative method proved the presence of curcuminoids in both extractions. In order to curcuminoids present a more efficient action and in order to guarantee greater stability, it is recommended to encapsulate it.

Key-words: Curcumin, Curcuminoids, Extraction, Testing, Encapsulation.



1. INTRODUÇÃO

A cúrcuma (*Curcuma longa* L.), conhecida no Brasil também como açafrão-da-terra, gengibre amarelo e açafrão-da-Índia, é um tubérculo alaranjado pertencente à família *Zingiberaceae* (gengibre) (PERES, 2015). A cúrcuma é derivada de rizomas e possui em sua constituição óleos essenciais, proteínas, açúcares e por fim, os curcuminóides, que são lipossolúveis. A demetoxicurcumina, bisdemetoxicurcumina e a curcumina, são alguns dos curcuminóides presentes na cúrcuma (FARIA, 2016).

A curcumina é o principal curcuminóide extraído do rizoma da cúrcuma. É um corante natural amarelo-alaranjado, lipossolúvel, fotossensível com várias propriedades farmacológicas. A curcumina pode atuar como agente anti-inflamatório, antioxidante e antimicrobiano. Além de prevenir a disseminação de doenças degenerativas e cânceres, seu consumo está associado com a diminuição dos níveis de colesterol (FARIA, 2016). No Brasil, o consumo de cúrcuma está relacionado as indústrias alimentícias, na utilização de corantes naturais, temperos e condimentos, medicinal e têxtil (CECILIO FILHO, 2000).

Segundo Marcolino (2008) existem três extratos básicos de curcumina: o óleo essencial do tubérculo, presente numa quantidade de 3-5% na cúrcuma, apresenta aroma volátil e é incolor; a óleo-resina, apresenta de 37-55% de curcumina e é o extrato mais comum advindo do tubérculo, possui aroma e coloração amarelo-alaranjado; e a curcumina, obtida através da cristalização da óleo-resina, esta não apresenta aroma da cúrcuma e é fortemente alaranjada.

A extração da fração lipídica pode ocorrer por diversos métodos, dentre os mais conhecidos são o método de Bligh-Dyer e o de Soxhlet. O método de Bligh-Dyer, consiste em uma extração por solvente a frio. Nesta técnica é utilizada uma mistura de três solventes: clorofórmio, metanol e água. A extração é realizada com a formação de um sistema bifásico, onde nas proporções dos solventes há formação de uma fase lipídica e a outra, com as frações não lipídicas (BRUM et al., 2009). Este método apresenta diversas vantagens, como: extração de todas as classes de lipídios, até mesmos os polares; a extração é realizada a frio e permite a utilização da fração final para outras análises. Já a extração pelo método de Soxhlet é utilizado um processo de refluxo de solvente a quente (CECCHI, 2003). No entanto, deve-se evitar o refluxo por muitas horas pois pode acarretar em processos de peroxidação e hidrólise do material lipídico (KATES, 1972).

É possível realizar a identificação qualitativa da curcumina empregando-se o método do Instituto Adolfo Lutz (2008), que utiliza álcool e ácido para evidenciar o equilíbrio ceto-enólico pela mudança da coloração amarelo-alaranjado para carmesim.



Diante deste cenário, o presente trabalho tem por objetivo realizar a extração de curcuminóides a partir do rizoma do açafrão (*Curcuma Longa L*), por dois diferentes métodos (a frio e a quente) e buscar, através de análise qualitativa (álcool-ácido), a comprovação de tais extrações.

2. METODOLOGIA

Este trabalho foi realizado na Escola Técnica Estadual Dr. Celso Giglio, localizada em Osasco, efetuado entre março e dezembro de 2018. Toda a metodologia, desde o preparo da polpa até a encapsulação, foi realizada nos laboratórios de química desta mesma instituição.

2.1 Obtenção dos rizomas de açafrão da terra

A cúrcuma utilizada para a elaboração do trabalho foi doada pelo produtor e distribuidor local Terra - Comércio de Frutas Ltda, localizado no Pavilion HFM - Avenida Doutor Gastão Vidigal, 1946 Ceagesp - Vila Leopoldina, São Paulo - SP, CEP: 05314-000.

Os rizomas foram armazenados dentro de sacos plásticos em congelador por uma semana, para que pudessem ser conservados. Após esse período, empregou-se o preparo da polpa.

A preparação da polpa seguiu a metodologia sugerida por Valduga et al. (2008) com adaptações. As raízes foram secas, trituradas e pesadas com intuito de obter-se uma menor dimensão dos grãos, diminuindo conseqüentemente, a quantidades de extrações.

2.2 Extração por solvente a frio (Bligh-Dyer)

Para a extração da fração oleosa da amostra de cúrcuma por solvente a frio, utilizou-se a metodologia descrita por Cecchi (2003). Inicialmente, a amostra foi misturada com metanol (CH_3OH) e clorofórmio (CHCl_3), até que apresentasse uma só fase. Em seguida, adicionou-se uma nova quantidade de clorofórmio e água D.I, para que houvesse a formação de duas fases. A fase de clorofórmio que continha a gordura extraída foi isolada, e a amostra colocada em banho-maria para evaporar o clorofórmio restante. A quantidade de gordura foi verificada através da pesagem final. Por fim, foi realizado o cálculo de rendimento da extração através da Equação 1.



$$\text{Rendimento (\%)} = \frac{[\text{massa de curcuma seca (g)}]}{[\text{massa de óleo (g)}]} 100 \quad (1)$$

2.3 Extração por solvente a quente (Soxhlet)

Para a extração da fração oleosa da amostra de cúrcuma por solvente a quente, utilizou-se a metodologia descrita pelo Instituto Adolf Lutz (2008). Pesou-se cerca de 15g de matéria-prima (em cápsula de celulose) que em seguida, foram colocadas dentro do extrator. A amostra, juntamente com o reagente orgânico hexano (C₆H₁₄), permaneceu em constante aquecimento em temperaturas que variavam entre 300 e 380°C, aproximadamente, em manta aquecedora. Após um total aproximado de 80 ciclos, a amostra foi levada para banho-maria e, em seguida, colocada em estufa para evaporação do solvente restante. Por fim, foi realizado o cálculo de rendimento da extração através da Equação 1.

2.4 Análise de identificação da curcumina por método qualitativo (álcool-ácido)

A identificação de curcumina por um método qualitativo com ácido sulfúrico e álcool etílico P.A se dá pela mudança da coloração amarelado para carmesim, quando o ácido é gotejado na amostra de óleo misturada com álcool. Tal mudança é provocada pela reação de equilíbrio ceto-enólico, onde a curcumina em contato com solventes que podem ou não doar hidrogênio, se converte para a forma enol em sua porção β-dicetona, assim, em junção a um pH ácido (sendo o ácido sulfúrico aproximadamente 1,5), o equilíbrio ceto-enólico move-se para o sentido enol pela ligação de hidrogênio presente na molécula, segundo Camatari et al (2017), conforme ilustrado na Figura 1.

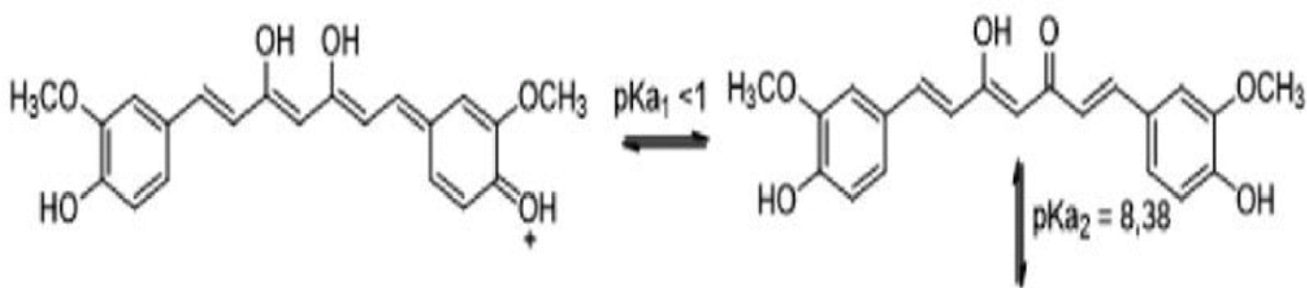


Figura 1 – Equilíbrio ceto-enólico na molécula de curcumina em presença de pH ácido.
Fonte: CAMATARI *et al*, 2017.

Após as extrações, tanto a quente quanto a frio, os produtos obtidos das amostras foram identificados, para se comprovar a presença de curcumina no meio

e a eficiência das extrações. A identificação da curcumina foi realizada pela metodologia intitulada como “108/IV Corantes Naturais – Identificação de curcumina”, descrita pelo Instituto Adolfo Lutz (2008). Este método tem por finalidade a identificação qualitativa de curcumina na amostra, por meio de uma reação de alteração de pigmento. A amostra foi solubilizada em álcool etílico P.A (C_2H_5OH) e em seguida, adicionou-se aproximadamente 40 gotas de ácido sulfúrico P.A (H_2SO_4) para que fosse possível a verificação através da alteração de cor.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Extrações por solvente a quente e a frio

A Tabela 1 apresenta os valores de massa de cúrcuma seca, a massa de óleo e o rendimento para as extrações a quente e a frio.

	Massa de cúrcuma seca (g)	Massa de óleo (g)	Rendimento (%)
Bligh-Dyer	50	3,30	6,6
Soxhlet	50	0,75	1,5

Tabela 1 - Rendimento calculado da extração por solvente a frio (Bligh-Dyer) e solvente a quente (Soxhlet)

Fonte: Acervo Pessoal, 2018.

Através da observação dos dados, foi possível constatar maior rendimento no método de Bligh-Dyer, tendo em vista uma variação de 5,1% quando comparado ao método de Soxhlet. Tal resultado pode ser justificado pelo processo realizado a frio, através da mistura dos solventes (clorofórmio-metanol-água) através do método de Bligh-Dyer que permite a extração de lipídeos neutros e lipídeos polares de forma mais eficiente, sendo indicada para amostras de origem vegetal como animal (BRUM et al., 2009). Um outro ponto, é que a degradação da curcumina é acelerada em temperaturas acima de $75^{\circ}C$, sendo o método a quente considerado impróprio para tal extração, pois é capaz de atingir temperaturas de até $380^{\circ}C$ (CHASSAGNEZ; CORRÊA; MEIRELES, 1997).

3.2 Identificação da curcumina por método qualitativo

A Figura 2 apresenta as fotos do óleo de cúrcuma e álcool etílico (líquido amarelado – 2a) e da mistura destes com o ácido sulfúrico (líquido de cor carmesim – 2b).



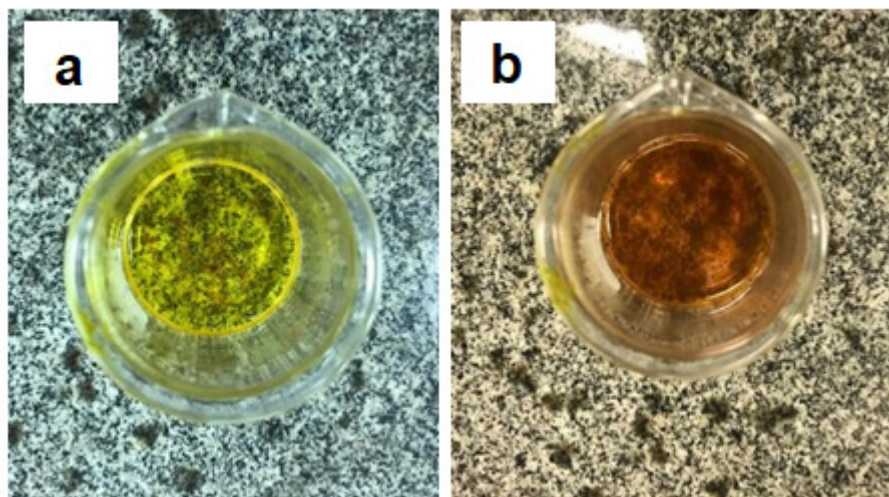


Figura 2 – Equilíbrio ceto-enólico em óleo extraído do rizoma de cúrcuma.
Fonte: Acervo pessoal, 2018.

A Figura 2 apresenta a mudança de coloração ao se adicionar o ácido sulfúrico na mistura de óleo de cúrcuma e álcool etílico, formando a cor carmesim (2b), indicando assim a presença da curcumina na amostra. Segundo Camatari et al (2017), este fenômeno ocorre, pois, quando a cúrcuma está em meio ácido, o equilíbrio ceto-enólico se desloca para o enol por haver uma ligação de hidrogênio intramolecular e de uma maior planaridade da molécula.

4. CONCLUSÃO

De acordo como foi observado durante o processo de extração o método de Bligh dyer tem um maior rendimento na extração do óleo, porém há uma quantidade de resíduos para descarte pós extração; já o método de soxhlet é mais demorado e rende menos comparado ao Bligh dyer porém não possui resíduos.

Em conformidade com os resultados apresentados da identificação por álcool e ácido, foi possível observar a presença de curcumina ao haver a mudança de coloração para carmesim, levando em consideração que a alteração se dá no momento em que a curcumina entra em equilíbrio ceto-enólico com o álcool etílico em presença do pH próximo a 1,5 do ácido sulfúrico adicionado.

Para trabalhos futuros, sugere-se quantificar e encapsular as amostras. Para a finalidade de quantificação, é possível a utilização da cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC), que além de fazer uma identificação e quantificação mais precisa, é considerada um método quantitativo eficiente e já bastante disseminado.

Para a encapsulação, o Spray Dryer é recomendado, visto que é capaz de secar, purificar e encapsular, de maneira desejada, as amostras, pois a curcumina é considerada fotossensível e este método poderia ser capaz de conservar suas

propriedades (PADILHA, 2010). Por ser um aparelho utilizado para um tipo de secagem especial, é possível inserir um material encapsulante no equipamento ao final do processo. A gastronomia molecular apresenta-se ainda, como uma ótima opção também por apresentar um menor custo benefício, necessitando somente de técnicas de refino das cápsulas, como tamanho e forma.

Referências

BRUM, Aelson Aloir Santana et al. Métodos de extração e qualidade da fração lipídica de matérias-primas de origem vegetal e animal. **Química Nova**, v. 32, n. 4, p. 849-854, 2009.

CAMATARI, F. O. S. et al. **Determinação de curcuminóides e avaliação da capacidade antioxidante contra espécies reativas de Oxigênio e Nitrogênio de extratos de Curcuma longa e constituintes isolados**. 2017. 147 folhas. Tese (doutorado em Química e Biotecnologia) - Universidade Federal de Alagoas. Instituto de Química e Biotecnologia. Programa de Pós-Graduação em Química e Biotecnologia. Maceió, 2017.

CECILIO FILHO, A. B. et al. **Cúrcuma: planta medicinal, condimentar e de outros usos potenciais**. *Ciência Rural*, v. 30, n. 1, p. 171-177, 2000.

CECCHI, H. M. **Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos**. 2.ed. Campinas: Editora UNICAMP, 2003. 207p.

CHASSAGNEZ, A. L. M.; CORRÊA, N. C. F; MEIRELES, M. A. A. Extração de oleoresina de cúrcuma (*Curcuma Longa L*) com CO₂ supercrítico. **Food Science and Technology**, v. 17, n. 4, p. 399-404, 1997.

FARIA, F. R. **Efeito da suplementação crônica de curcuma longa I. sobre marcadores de inflamação e dano muscular após uma meia maratona**. 2016. 109 f. Dissertação (Mestrado em Nutrição e Saúde) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2016.

INSTITUTO ADOLF LUTZ - IAL. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 4.ed. São Paulo, 2008. 1.020p.

KATES, M. Techniques of lipidology; isolation, analysis and identification of lipids. **Laboratory techniques in biochemistry and molecular biology**, v. 3, p. 347-353, 1972.

MARCOLINO, V. A. **Inclusão de bixina, curcumina e betanina em ciclodextrina para aplicação na indústria de alimentos**. 2008. 125p. Tese (doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Campinas, SP. Disponível em: <http://www.repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/254748>. Acesso em: 16 mai. 2020.

PADILHA, G. S. **Caracterização, purificação e encapsulamento de lipase de *Burkholderia cepacia***. 2010. 126 p. Tese (doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Química, Campinas, SP. Disponível em: <http://www.repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/266999>. Acesso em: 15 mai. 2020.

VALDUGA, E. et al. Extração, secagem por atomização e microencapsulamento de antocianinas do bagaço da uva "Isabel" (*Vitis labrusca*). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 5, p. 1568-1574, 2008.



CAPÍTULO 7

A PROPORÇÃO ÁUREA E AS CÔNICAS NA ENGENHARIA

THE GOLD PROPORTION AND THE CONICS ON ENGINEERING

Symon Igor Pinheiro da Silva Lima

Amanda Kaline Santos Benigno

George Tavares da Silva

Resumo

A Matemática fornece diversas ferramentas à arquitetura e à engenharia, desde os conceitos básicos, as relações trigonométricas e às propriedades existentes nas cônicas, até as ferramentas para se medir a curvatura e torção de materiais, ferramentas essas que são essenciais para se planejar e levar em consideração durante um projeto. Neste artigo trataremos de duas das ferramentas mais conhecidas na matemática que tiveram diversas aplicações na engenharia e arquitetura ao redor do mundo desde a antiguidade. A Proporção Áurea, conhecida muitas vezes pela beleza que proporciona a construções e as coisas encontradas na natureza; e as cônicas, objetos matemáticos que possuem suas propriedades exploradas a séculos.

Palavras chave: Cônicas, Galerias, Número de Ouro, Proporção Áurea.

Abstract

The Math provide a lot of tools to the architecture and the engineering, since the basic concepts, the trigonometric relations and the properties found on conics, until the tools to measure the curvature and torsion of materials, those tools that are essentials to planning and take into account during a project. In this article we will treat of two of the most known tools of math that had a lot of applications in engineering and architecture around the world since the ancient times. The Gold Proportion, known many times for the beauty that is provided to buildings and things found in nature; and the conics, math objects that have your properties explored for centuries.

Key-words: Conics, Galleries, Gold Number, Golden Proportion.



1. INTRODUÇÃO

Desde a antiguidade a matemática sempre foi uma ferramenta muito utilizada pelos construtores, principalmente pelo fato de que eles não possuíam as ferramentas modernas que temos nos dias atuais. Então, eles dispunham apenas dos seus conhecimentos de geometria, trigonometria e física. Não se sabe ao certo quando surgiu, mas uma ferramenta que é utilizada até hoje em construções mais modernas é a Proporção Áurea, utilizada não apenas na engenharia e arquitetura, mas também encontrada em vários elementos da natureza e em grandes obras de arte, e é até mesmo utilizada em comparações estéticas. Já as cônicas e suas propriedades já eram estudadas desde o século IV d.C. Com a ajuda delas foi possível descobrir que os planetas possuem uma órbita elíptica, explicando assim o porquê de termos as quatro estações do ano. Isso se dá pelo fato de a Terra ficar mais próxima do Sol durante as estações mais quentes, e mais afastada durante as estações mais frias. Já nos dias atuais, suas formas são utilizadas na construção de pontes, domos, catedrais, antenas parabólicas, que como o nome sugere, carrega as propriedades da parábola, faróis, etc.

Segundo Souza (2014) as propriedades das cônicas são bastante utilizadas em algumas construções, sejam as propriedades físicas ou estéticas, podem ser vistas em pontes, domos de catedrais, nas galerias dos sussurros, que estão ao redor do mundo, e até mesmo na planta do Coliseu.

Enquanto isso, a Proporção Áurea segundo o Museu das Comunicações (2017), pode ser vista em construções mais antigas, como é o caso do Parthenon e das pirâmides de Gizé. Entretanto, ela ainda é empregada em construções modernas nos dias atuais, pela beleza e equilíbrio que proporciona as construções.

2. PROPORÇÃO ÁUREA

Não se sabe ao certo quando surgiu, mas muitos atribuem ao matemático e arquiteto grego Phidias ser o primeiro a empregar o conceito da Proporção Áurea ao projetar o Parthenon por volta do século V a.C., por isso, em homenagem a ele, o número de ouro recebe a letra grega φ (Phi).

O número de ouro, que é o número que aparece constantemente na proporção dourada, é construído da seguinte forma:



Figura 1 – Criação do número de ouro
Fonte: O autor (2019)



Dado um segmento de reta, chame de a a parte maior deste segmento, e b a parte menor, como na figura acima.

O número de ouro é obtido pela seguinte expressão:

$$\frac{(a+b)}{a} = \frac{a}{b}$$

Equação 1: Razão Áurea
Fonte: O autor (2020)

A expressão acima é a chamada razão áurea, e a ela atribuímos a letra grega φ (fi), quando resolvida a expressão, obtemos o número de ouro, cujo valor aproximado é $\varphi = 1,6180339887\dots$. Agora, vamos mostrar o processo da obtenção deste número.

$$\begin{aligned}\frac{(a+b)}{a} &= \frac{a}{b} \\ (a+b)b &= a^2 \\ ab + b^2 &= a^2 \\ -a^2 + ab + b^2 &= 0\end{aligned}$$

Ao dividir ambos os lados da equação por b^2 temos:

$$\begin{aligned}\frac{-a^2}{b^2} + \frac{a}{b} + 1 &= 0 \\ -\left(\frac{a}{b}\right)^2 + \frac{a}{b} + 1 &= 0\end{aligned}$$

Agora, chamaremos $\frac{a}{b}$ de φ :

$$-\varphi^2 + \varphi + 1 = 0$$



Resolvendo a equação do segundo grau:

$$\varphi = \frac{-1 \pm \sqrt{1 + 4}}{-2}$$

$$\varphi = \frac{-1 \pm \sqrt{5}}{-2}$$

$$\varphi' = \frac{-1 + \sqrt{5}}{-2} \cong -0,618033 \dots$$

$$\varphi'' = \frac{-1 - \sqrt{5}}{-2} \cong 1,618033 \dots$$

Logo, encontramos dois valores para φ , mas como estamos trabalhando com comprimento, iremos descartar o resultado negativo e manter apenas o positivo. Chegando assim no resultado que procurávamos, que é o número de ouro.

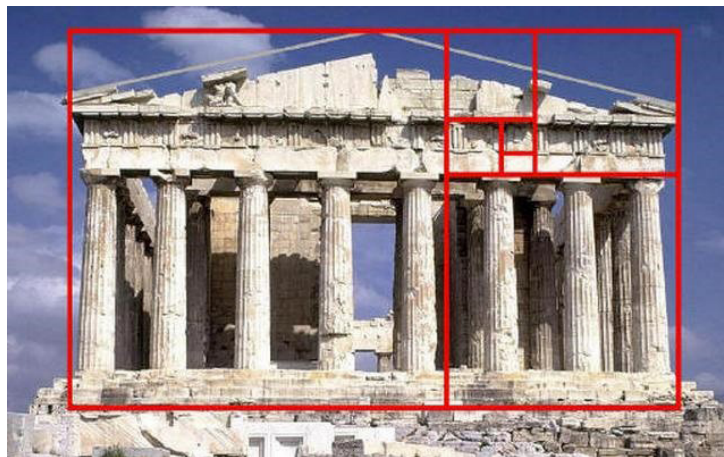


Figura 2 – Parthenon
Fonte: Megacurioso (2015)

A proporção áurea muitas vezes é encontrada na natureza, seja em animais ou plantas, é possível ver seus padrões. Ela fornece um equilíbrio e uma beleza visual as obras que a utilizam, sejam construções como a catedral de Notre-Dame e as pirâmides de Gizé ou pinturas como A Última Ceia. Além disso, alguns especialistas ainda dizem que na arquitetura moderna a Proporção Áurea ajuda no balanceamento e altura da construção.

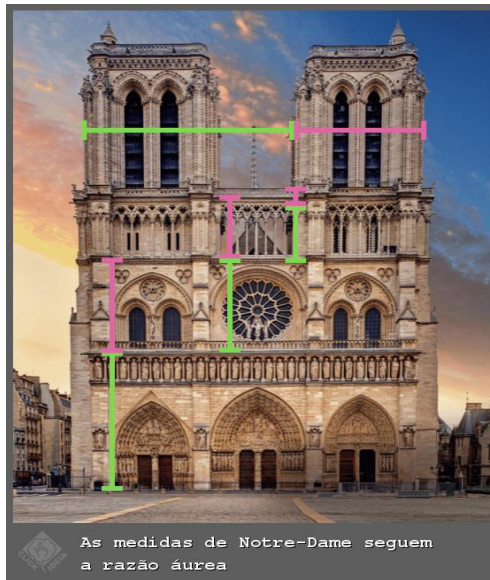


Figura 3 – Catedral de Notre-Dame
 Fonte: Clickideia (2019)

De acordo com Saraiva (1993) após alguns cálculos, foi constatado que das três pirâmides de Gizé: Quéops, Quéfren e Miquerinos, apenas uma delas pode ser considerada como uma pirâmide áurea devido as suas proporções. Para mostrar isto precisamos definir algumas propriedades.

Consideramos um triângulo como sendo áureo quando ele é semelhante a um triângulo retângulo cuja hipotenusa vale $\varphi = 1,618033\dots$, e os catetos valem 1 e $\sqrt{\varphi}$, respectivamente. Além disso, um resultado dessa definição é que um triângulo retângulo com catetos a e b , sendo $a > b$, é áureo se, e somente se, $\frac{a}{b} = \sqrt{\varphi} = 1,272019\dots$

Agora, consideremos uma pirâmide reta com base quadrada de lado a , altura h e altura das faces H .

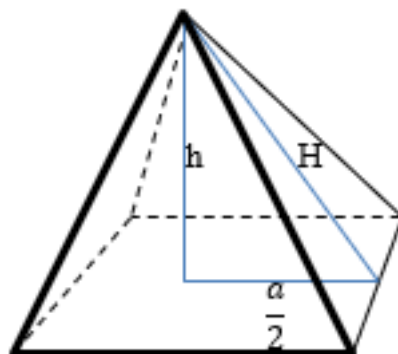


Figura 4 – Pirâmide
 Fonte: O autor (2020)

Consideramos uma pirâmide como sendo áurea quando o triângulo de lados h , H e $\frac{a}{2}$ for um triângulo áureo.

	Quéops	Quéfren	Miquerinos
Altura (m)	146,43	143,3	65
Dimensão da base (m)	230,22 x 230,22	215,16 x 215,16	102,2 x 104,6

Tabela 1 – Dimensões das pirâmides de Gizé
Fonte: O autor (2020)

Com base na tabela, vamos utilizar o resultado da definição citada anteriormente para fazer o cálculo e verificar qual das pirâmides é de fato, uma pirâmide áurea. Utilizando o triângulo da Figura 4, temos que ele será áureo se:

$$\frac{h}{\frac{a}{2}} = \sqrt{\varphi}$$

$$\frac{2h}{a} = \sqrt{\varphi}$$

Agora, substituindo pelos dados da pirâmide de Quéops:

$$\frac{2 * 146,43}{230,22} = 1,2720 \dots$$

Ou seja, o triângulo em questão é um triângulo áureo, o que faz com que Quéops seja de fato, uma pirâmide áurea. Agora faremos os cálculos para Quéfren:

$$\frac{2 * 143,3}{215,16} = 1,332 \dots$$

Embora seja um valor próximo do que estávamos procurando, não podemos classificar o triângulo da pirâmide de Quéfren como sendo áureo, logo, a pirâmide em si não é áurea. E a pirâmide de Miquerinos sequer possui uma base quadrada, fazendo com que ela também não siga a proporção áurea.



Figura 5 – Pirâmides de Gizé
Fonte: Wikipedia (2005)

2.1 A Proporção Áurea no Mundo Contemporâneo

Atualmente a Proporção Áurea é muito utilizada em três áreas: design, engenharia e arquitetura. Muitos designers utilizam a divina proporção em suas obras, alguns afirmam que ela proporciona um equilíbrio maior entre os elementos presentes no trabalho e que muitas vezes ajuda na distribuição e alinhamento dos mesmos. Já na arquitetura e engenharia, como foi mencionado antes, alguns especialistas afirmam que ela ajuda no balanceamento e altura da construção.

A seguir, temos alguns exemplos de construções feitas tendo como base a divina proporção:

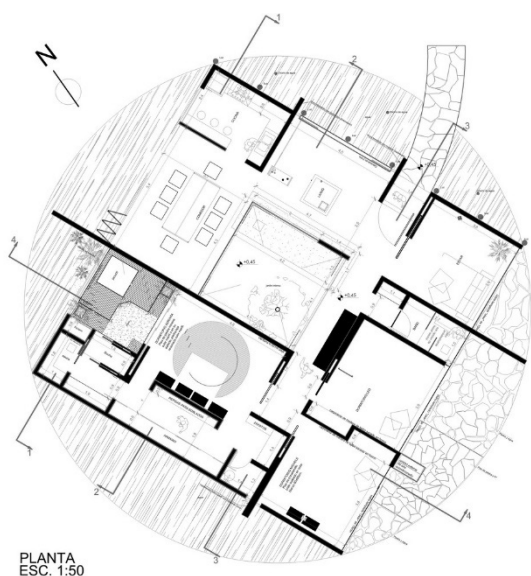


Figura 6 – Planta
Fonte: Archdaily (2013)



Figura 7 – Residência Moeda Chinesa
Fonte: 44arquitetura (2018)

A Residência Moeda Chinesa, segundo Menacho (2013), possui todas as suas medidas baseadas na Proporção Áurea, além disso, a distribuição do tamanho de seus cômodos é dada de forma decrescente, seguindo os pontos cardeais.



Figura 8 - Casa del Soplo (Chile)
Fonte: Archdaily (2011)



Figura 9 - Planta 1º piso
Fonte: Archdaily (2011)

De acordo com Zegers (2011) a forma que se queria alcançar com essas curvas era a de um “sopro”. Para isso, se fez necessário nessa construção a utilização de dois sistemas áureos.

3. CÔNICAS

Das propriedades mais utilizadas das cônicas, podemos destacar as de reflexão e a bissetora, e quando se trata de sólidos, as de rigidez e distribuição de forças. É possível ver bem o funcionamento delas nas galerias dos sussurros, nos domos e cúpulas.

Antes de explicar o funcionamento das galerias de sussurros precisamos entender um pouco melhor das propriedades da elipse. A propriedade de reflexão nos diz que se raios de luz, por exemplo, forem emitidos de um dos focos da elipse, eles serão refletidos por ela e chegarão ao outro foco ao mesmo tempo; já a propriedade bissetora nos diz que todos esses raios vão exatamente para o outro foco formando o mesmo ângulo com a reta tangente a elipse no ponto de reflexão. É possível ver isso na imagem abaixo:

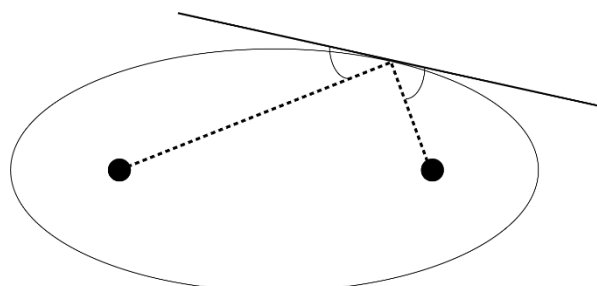


Figura 10 - Elipse
Fonte: O autor (2020)

Agora, tendo isso em mente, vamos as galerias dos sussurros, elas são grandes espaços que possuem a forma de um semi-elipsóide de revolução, e cujos focos estão a uma altura razoável em relação ao solo. Seu funcionamento se dá da seguinte forma: posicionando-se duas pessoas, uma em cada foco da sala, é possível

que uma ouça a outra mesmo que a distância entre as duas seja relativamente grande. Como explicado acima, isso se dá pelo fato de que a estrutura consegue refletir também ondas sonoras que vão de um foco ao outro, mesmo que seja um simples sussurro.



Figura 11 – Galeria dos Sussuros
Fonte: Atlas Obscura (2019)

Outro exemplo que podemos citar, é o Coliseu Romano ou Anfiteatro Flaviano. Como podemos ver abaixo, as cônicas também estão presentes na construção do maior ponto turístico de Roma. É possível ver que sua planta baixa consiste em diversas elipses concêntricas cujo tamanho vai aumentando conforme se afastam do centro.

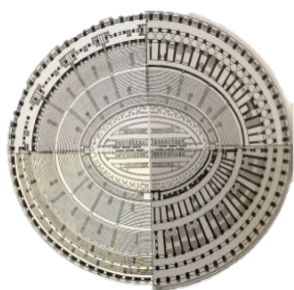


Figura 12 – Planta baixa do Coliseu de Roma
Fonte: Slideshare (2013)



Figura 13 – Coliseu
Fonte: Terra (2018)

3.1 Domos e Cúpulas

Domos ou cúpulas são sólidos esféricos utilizados na construção a séculos. Este elemento da arquitetura ficou muito conhecido por fazer parte de grandes catedrais ao redor do mundo e pelas propriedades que são proporcionadas por ele. Por serem sólidos esféricos, eles possuem grande rigidez e a capacidade de distribuição de forças em sua estrutura, distribuição essa que faz com que seja possível a construção de grandes espaços sem a necessidade de pilares abaixo dela.

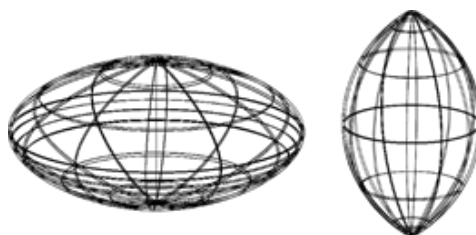


Figura 14 – Rotação das elipses
Fonte: O autor (2020)

Ao se utilizar uma elipse como base para a criação da cúpula, é necessário ter em mente que tipo de domo se quer criar. Ao escolher o diâmetro menor como eixo de rotação, criamos um domo com altura maior, enquanto que com o diâmetro maior como eixo, temos uma cúpula menor.

Atualmente são utilizados domos em construções como shoppings, estádios, edifícios modernos, e centros de eventos, por oferecerem iluminação natural e maior ventilação. E possuem algumas vantagens na sua construção como serem mais leves e gerar menos resíduos que as estruturas tradicionais. Além disso, muitas vezes sua construção é mais barata do que outros tipos de estruturas.

Segundo Marques (2016), Richard Buckminster Fuller foi para muitos o pai dos domos geodésicos, foi ele quem deu origem aos estudos que tornaram possíveis o desenvolvimento dessas estruturas. Os resultados das suas pesquisas na década de 40 são muito utilizados na engenharia moderna por criar a possibilidade de se construir estruturas maiores e de uma forma mais sustentável.

Uma das maiores construções feitas usando os resultados obtidos por Fuller foi a chamada Biosfera, localizada em Montreal. Projetada por Fuller, a Biosfera é uma estrutura geodésica que conta com mais de 160 metros de diâmetro e cobre uma área de aproximadamente 21.000m².



Figura 15 – Biosfera de Montreal
Fonte: Archdaily (2016)

Outro projeto ambicioso foi o Complexo Esportivo de Singapura, eleito o maior domo do mundo em 2015, o estádio possui o maior domo de vão livre do mundo com seus 310 m. Além disso, não se trata de um domo fixo, mas sim de um domo retrátil que é utilizado para cobrir as arquibancadas.



Figura 16 – Complexo Esportivo de Singapura
Fonte: Blog AECweb (2019)

Há um experimento simples que pode ser feito afim de explorar essa propriedade de distribuição dos sólidos esféricos. Para isso é necessário apenas um ovo comum, sem estar cozido. Para fazer o experimento, basta segura-lo com o indicador e o polegar nos pontos mais extremos, e tentar aperta-lo. Devido a propriedade de distribuição de forças, a pressão aplicada nos extremos é distribuída de forma homogênea por toda a casca. Já o mesmo não ocorre caso seja aplicada uma força nas laterais do ovo. Por não ser uma esfera perfeita, essa propriedade garante mais rigidez apenas nos extremos.



Figura 17 – Experimento
Fonte: O autor (2020)

Conclusão

Durante o processo de escrita e coleta de dados encontramos algumas divergências em relação aos dados referentes a Proporção Áurea, mas após algumas discussões e um pouco mais de pesquisa chegamos a uma conclusão. Pelo número $\varphi = 1,618 \dots$ ser um número irracional, é difícil fazer com que ele se encaixe perfeitamente ao que se quer analisar ou construir. Muitas vezes se faz necessário fazer uma aproximação, fazendo com que a base possa ser a proporção áurea, mas que o resultado final não a siga perfeitamente devido a alguma limitação, seja de localização ou até mesmo por conta dos materiais a serem utilizados.

Uma das divergências a ser considerada foram as dimensões das Pirâmides de Gizé. Foram encontrados valores diferentes tanto para altura, quanto para a largura da base de cada pirâmide. Então para contornar essas diferenças, utilizamos a média de alguns dos dados encontrados para criar a tabela e posteriormente, fazer os cálculos.

Um outro estudo poderia ser feito afim de se explorar um pouco mais a aplicação das cônicas na engenharia, a construção de pontes ou de outras estruturas que possuem uma forma cônica em sua base como o Coliseu de Roma e o planetário St. Louis.

Concluimos então que as propriedades das cônicas e a proporção áurea estão presentes no nosso mundo moderno em diversos monumentos e estruturas. A partir de conhecimentos matemáticos, arquitetos e engenheiros projetam e constroem estruturas belíssimas utilizando a proporção áurea; além das galerias e cúpulas que funcionam com as propriedades das cônicas geométricas. Isso nos mostra uma visão ampla da matemática que está no nosso dia a dia, desde grandes edifícios, até pinturas e quadros famosos.

Referências

MARQUES, Diogo. Domos geodésicos: O que são e quais suas vantagens para a construção sustentável. **Sustentar Aqui**, 2016. Disponível em <<https://sustentarqui.com.br/domos-geodesicos-vantagens/>>. Acesso em: 02 de jul. de 2020.

MENACHO, Juan Carlos. Residência Chinese Coin / Juan Carlos Menacho. **Archdaily**, 2013. Disponível em: < <https://www.archdaily.com.br/br/01-116184/residencia-chinese-coin-slash-juan-carlos-menacho> >. Acesso em: 09 de jul. de 2020.

Museu das Comunicações. Disponível em: <<http://macao.communications.museum/por/activities/2017/Mathinfinity/K1.html>>. Acesso em: 24 set. 2019.

SARAIVA, J. C. V. **As pirâmides do Egito e a razão áurea**. Curso de Especialização em Matemática, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre – RS – Brasil.

SOUZA, L. D. **Cônicas e Suas Propriedades Notáveis**, 2014. Dissertação (mestrado profissional) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Físicas e Matemáticas, Programa de Pós-Graduação em Matemática, Florianópolis, 2014.

ZEGERS, Cazú. Casa Soplo / Cazú Zegers. **Archdaily**, 2011. Disponível em: < <https://www.archdaily.com.br/br/01-120567/casa-soplo-slash-cazu-zegers-g> >. Acesso em: 09 de jul. de 2020.



ANEXO

A seguir, temos algumas imagens de outras construções que utilizam as propriedades presentes neste artigo.



Figura 18 – Epcot (Flórida)
Fonte: Wikipedia (2010)



Figura 19 – Catedral de São Paulo (Londres)
Fonte: Meus roteiros de viagem (2020)



Figura 20 – Basílica de São Pedro (Roma)
Fonte: Um pouquinho de cada lugar (2008)



Figura 21 – CN Tower (Toronto)
Fonte: Globalnews (2020)



Figura 22 – G House (Israel)
Fonte: 44Arquitetura (2018)

CAPÍTULO 8

IMPACTOS AMBIENTAIS CAUSADOS PELOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

ENVIRONMENTAL IMPACTS CAUSED BY CIVIL CONSTRUCTION WASTE

Raimundo Compasso Mota Junior

Resumo

Este artigo buscou conhecer os impactos ambientais que podem ser causado pelo resíduos resultante da construção civil, pois vive-se em um momento de muita preocupação com o meio ambiente devidos as alterações climáticas que vem ocorrendo, assim como fenômenos naturais anormais. Sendo que a construção civil sempre gerou muito resíduos e na maioria das vezes são descartados de forma irregular. Dessa forma, foram analisados os principais tipos de impactos ambientais, as Leis que Previnem os Impactos Ambientais, as principais formas de descartes, a gestão dos resíduos da construção civil e buscou-se entender os impactos ambientais causados por tais resíduos. O tipo de pesquisa usado no presente estudo foi do tipo revisão bibliográfica. Dessa forma chegou-se à conclusão que a construção civil traz benefícios para a economia do país, mas por outro lado pode trazer prejuízos tanto para a natureza, que vai desde o desmatamento até o consumo dos recursos naturais, quanto para o homem, pois resíduos descartado de forma irregular, possibilita o acúmulo de água e pode desenvolver doenças na população. Ou seja, os impactos ambientais causado pelos resíduos sólidos da construção civil são, principalmente, desmatamento e poluição. A melhor forma de reverter essa situação não é impedindo que a construção civil continue crescendo, mas sim, buscar formas de minimizar ou cessar a geração de tais resíduos.

Palavras chave: Impactos Ambientais; Construção Civil; Resíduos.

Abstract

This article sought to understand the environmental impacts that can be caused by the waste resulting from civil construction, as we live in a time of great concern for the environment due to the climate changes that have been occurring, as well as abnormal natural phenomena. Since civil construction has always generated a lot of waste and most of the time it is discarded irregularly. In this way, the main types of environmental impacts were analyzed, the Laws that Prevent Environmental Impacts, the main forms of discard, the management of construction waste and sought to understand the environmental impacts caused by such waste. The type of research used in the present study was a literature review. Thus, it was concluded that civil construction brings benefits to the country's economy, but on the other hand it can bring losses both to nature, ranging from deforestation to the consumption of natural resources, and to man, because waste discarded in an irregular way, allows the accumulation of water and can develop diseases in the population. In other words, the environmental impacts caused by solid waste from civil construction are mainly deforestation and pollution. The best way to reverse this situation is not to prevent civil construction from continuing to grow, but to seek ways to minimize or stop the generation of such waste.

Key-words: Environmental impacts; Construction; Waste.



1. INTRODUÇÃO

A construção civil não para de crescer em todo o país, mesmo em momentos de crise econômica esse ramo continua evoluindo, no entanto é notório que esse tipo de negócio gera muitos resíduos, geralmente são entulhos, telhas, papelões, restos de madeiras e plásticos, que são gerados e muitas vezes são lançados em ruas ou em outros ambientes sem qualquer tipo de tratamento.

Cada tipo de resíduos pode causar um impacto diferente, os plásticos, por exemplo, podem ir parar em rios e chegar ao mar poluindo a água e modificando o habitat natural dos peixes. Além desse impacto, vários outros são provocados pelo homem, não só os resíduos da construção civil, mas diversos outros tipos de resíduos tem causado alterações nos ecossistemas.

No presente séculos, Temas relacionados a questões ambientais e principalmente aos impactos ambientais tem sido muito debatido pela sociedade, haja vistos os danos que os mesmos trazem para os seres vivos e para sociedade em geral. Vários impactos são resultantes da ação humana. No Brasil, por exemplo, parte da economia é movida pela indústria civil, indústria pela qual lança fora toneladas de resíduos todos os anos, são restos de cimentos, telhas, embalagens e outros. Assim, o presente estudo buscou responder a seguinte problemática: Quais os possíveis impactos ambientais causados pelos resíduos da construção civil?

O objetivo geral foi descrever e esclarecer os possíveis impactos ambientais causados pelos resíduos oriundos da construção civil. Já os objetivos específicos foram: Analisar os principais tipos de impactos ambientais, apontar as Leis que Previnem os Impactos Ambientais e conhecer as principais formas de descartes, gestão dos resíduos da construção civil além de entender os impactos ambientais causados por tais resíduos.

Quanto ao tipo de pesquisa usado no presente estudo foi do tipo revisão bibliográfica, pois trata-se de uma pesquisa qualitativa e descritiva. Foram analisados conteúdos relacionados à impactos ambientais positivos e negativos provenientes da ação humana, leis que buscam a preservação ambiental e resíduos provenientes da construção civil. Foram desenvolvidas pesquisas de abas publicadas entre 2005 e 2019.

2. IMPACTO AMBIENTAL

Brito (2018), diz que as ações humanas negativas sobre o meio universal ficaram mais acentuadas a partir da revolução industrial. A população aumentou e com isso aumentou a produção e consumo de bens. É possível afirmar que a maioria



dos impactos são consequências da industrialização, pode-se citar a mineração, as fontes de energia, a agricultura, a construção civil, entre outros. Sabe-se que a construção civil é uma das atividades humanas crescentes no Brasil e grande produtora de resíduos sólidos. São vários os tipos de matérias que provem dessa atividade como papéis, plásticos e outros. No entanto todos esses resíduos podem ajudar a desenvolver impactos negativos sobre o ecossistema.

Segundo a Resolução CONAMA nº001, de 23 de janeiro de 1986, impactos ambientais são:

Qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam: I - a saúde, a segurança e o bem-estar da população; II - as atividades sociais e econômicas; III - a biota; IV - as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; V - a qualidade dos recursos ambientais (BRASIL, 1986, P. 01).

Os impactos ambientais são considerados modificações ou variações em um determinado meio, provocado pelas ações humanas em uma superfície geográfica, podendo ser dividido em impactos positivos ou negativos. Considera-se positivo quando traz aperfeiçoamento para o meio ambiente, e negativos quando desenvolve perigo ou prejuízo para a vida ou para os espaços naturais (SILVA, 2018).

Outro autor diz que o planeta terra pode ser abalado pelos impactos ambientais negativos em vários aspectos, podendo trazer consequências incorrigíveis. Os impactos podem ser sobre a população humana, em consequência da poluição do ar, ou por outro motivo, pode ser em local específico ou universal (BRITO, 2018).

Geralmente quando se fala em impactos ambientais, automaticamente tem-se a ideia de resultados negativos sobre o meio ambiente, vindos das ações humanas. Tal ideia surgiu do desdobramento da sociedade moderna, pois, passou-se a explorar cada vez mais os recursos naturais em busca de produções infinitas (SILVA, 2018).

Existem impactos ambientais negativos e positivos causados pelas ações humanas. Os principais impactos ambientais negativos causados pelo o homem são: Destruição da camada de ozônio, alterações climáticas, esgotamento de mananciais, redução da biodiversidade de plantas e animais, contaminação do ar, água fauna e flora e compactação, já alguns dos impactos ambientais positivos causados pela ação do homem são: recuperação das matas ciliares, replantio de árvores e criação de espaços verdes (SANTOS, 2018).

Sendo assim, a partir do que foi analisado é possível entender que a questão dos impactos ambientais é um problema da sociedade moderna. São várias as ações humanas que causam impactos ambientais inclusive as relacionadas a construção civil, haja visto, a produção de papeis, plásticos e outros. Além disso, existem leis que buscam controlar os impactos ambientais, porém é necessário que



sejam aplicadas.

3. LEIS QUE PREVINEM IMPACTOS AMBIENTAIS

Na busca por controle sobre os impactos ambientais, foram criadas várias leis, algumas são relacionadas à Política Nacional do Meio Ambiente, que por sua vez busca métodos e disposições de proteção do meio ambiente brasileiro, à flora, fauna, água, educação ambiental, unidades de conservação, crimes e infrações administrativas ambientais, entre outros (BRASIL, 2008).

O Brasil é um país rico em Leis ambientais, diz-se que a legislação ambiental brasileira é uma das mais evoluídas do mundo. A legislação é formada por leis que busca proteger o meio ambiente e deve ser cumprida tanto por pessoas físicas quanto jurídica. Nesse capítulo serão analisadas as principais leis ambientais brasileiras, principalmente aquelas relacionadas aos resíduos sólidos resultantes da construção civil (NAKAGAWARA, 2015).

A Legislação básica sobre a Política nacional do Meio Ambiente no Brasil são: Lei nº 6.938, Lei nº 7.797, Decreto nº 99.274, Decreto nº 4.297, Resolução do CONAMA nº 1, Resolução do CONAMA nº 9 e Resolução do CONAMA nº 237. Além da Política Nacional do Meio ambiente, a legislação ambiental brasileira, trás normas sobre flora, fauna, água, unidade de conservação, educação ambiental, crime e infrações administrativas ambiental, patrimônio genético a proteção e o acesso ao conhecimento tradicional associado a repartição de benefícios, organismo geneticamente modificado e povos e comunidades tradicionais. Seguidamente serão analisadas a Lei 9.605/1998, Lei 12.305/2010 e Lei nº714 sobre reaproveitamento dos resíduos sólidos, pois joga-se tais leis importantes para chegar ao objetivo do presente estudo (BRASIL, 2008).

A LEI 9.605/1998 refere-se a lei de crime ambiental, a mesma foi criada em 12 de fevereiro de 1998, com o objetivo de penalizar pessoas físicas ou jurídicas que cometem crime ambiental. Refere-se a crimes e infrações administrativas ambientais, responsável pela reorganização da legislação brasileira na área de punição. Para esse lei existem punições, que vai desde prestação de serviços à comunidade até recolhimento do infrator, e em casos de empresas, o responsável pelo setor, seja gerente, diretor, administrador ou outro, responderá perante a justiça pelo à agressão ambiental. Isso é importante para toda a sociedade e ecossistema pois é mais um motivo para que infratores repensem antes de cometerem crime ambiental (AVELINO, 2016)

A Lei 12.305/2010 está relacionada a PNRS (Política Nacional de Resíduos Sólidos), essa é uma política baseada em países desenvolvidos, dessa forma, a Brasil também poderá exportar soluções sustentáveis para outros países. Ele é adaptada para solucionar problema brasileiro, não só relacionado a lixo como ao desem-



prego e poluição, além disso buscar desenvolver inovações e tecnologia no desenvolvimento de sustentabilidade. Resumidamente, a Política Nacional de Resíduos Sólidos desenvolve fundamentos, projetos e diretrizes para a administração e gerenciamento dos resíduos sólidos, sendo que essas funções são responsabilidades dos geradores (MACHADO, 2013).

Machado (2013) diz que essa lei transformou a destinação do lixo no Brasil, além disso essa lei trouxe diversos benefícios para o país, primeiro porque, todo lixo descartado irregularmente pode desenvolver outros problemas relacionado a saúde, saneamento, economia e poluição, segundo porque a partir da implementação de Planos de Gerenciamento de Resíduos Sólidos, as empresas passaram a precisar de outros profissionais para desenvolver o processo, que outrora não existia.

É claro que todas as leis relacionadas ao meio ambiente são importantes, no entanto, a partir das citações anteriores, entende-se que a política de resíduos sólidos traz benefícios para várias vertentes, para o meio ambiente, que não receberá mais a mesma quantidade de lixo de outrora, para as empresas que poderão lucrar com tais resíduos, para pessoas que receberam novos empregos, ou seja, para a economia e sociedade em geral.

O CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente), recebe competências da Lei nº6.938, de 31 de agosto de 1981, busca implementar diretrizes com a finalidade de reduzir impactos ambientais causados pelos resíduos vindos da construção civil, ele busca impedir que esses resíduos sejam lançados em ambientes inadequados, pois boa parte dos resíduos urbanos são provenientes da construção civil, sendo que cada produtor desse tipo de resíduo ficará responsável pelo mesmo (CARVALHO, 2002).

Entende-se que são vários os resíduos gerados pela construção civil, de fato o CONAMA, traz benefícios para toda a sociedade, pois a partir dessa resolução, matérias que outrora eram lançadas em vias públicas, passaram a serem reaproveitadas.

4. RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Considera-se resíduos provenientes da construção civil qualquer elemento que resultou de uma obra e pode ser considerado lixo por falta de aplicação. É necessário que esses itens passem por intervenções compatíveis, a fim de, que sejam reciclados ou reutilizados, caso não seja possível nenhuma das opções anteriores, tais resíduos são descartados (PEREIRA, 2017). A Tabela 1 a seguir mostra a classificação desses resíduos.



Classificação	Materias
Classe A	Tijolos, areia, telha e qualquer material triturável;
Classe B	Papel, papelão, plástico, madeira e outros recicláveis;
Classe C	Gesso, isopor e outros não recicláveis;
Classe D	Tintas, verniz, solventes e outros resíduos perigosos;

Tabela 1: Classificação dos Resíduos da Construção Civil
Fonte: Pereira (2017).

A Tabela 1 mostra a classificação dos resíduos sólidos de forma clara e explicada, a citação a seguir trás essa classificação de forma mais abrangente. A Política Nacional de Resíduos Sólidos, no Art. 3º, Resolução de Nº 307/2002, faz a classificação dos resíduos da construção civil da seguinte forma:

I - Classe A - são os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como:

a) de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem;
b) de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto;

c) de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meio-fios etc.) produzidas nos canteiros de obras;

II - Classe B - são os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras, embalagens vazias de tintas imobiliárias e gesso; (Redação dada pela Resolução nº 469/2015).

III - Classe C - são os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem ou recuperação; (Redação dada pela Resolução nº 431/11).

IV - Classe D - são resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como tintas, solventes, óleos e outros ou aqueles contaminados ou prejudiciais à saúde oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros, bem como telhas e demais objetos e materiais que contenham amianto ou outros produtos nocivos à saúde. (Redação dada pela Resolução nº 348/04) (BRASIL, 2002, p.03).

Manzano (2016), diz que os resíduos sólidos em geral, não só da construção civil, são classificados segundo sua origem, sendo dos tipos: resíduos domiciliares, resíduos de limpeza urbana, resíduos industriais, resíduos de serviços de saúde, resíduos da construção civil, resíduos agrossilvopastoris, resíduos de serviços de transporte e resíduos de mineração. Quanto à periculosidade são classificados como: resíduos perigosos e resíduos não perigosos.



4.1 Descartes e Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil

Quando se inicia uma obra de construção civil, desenvolve-se primeiramente o projeto, mas geralmente não se pensa no que fazer com os resíduos que serão gerados, dessa forma, algumas vezes essas matérias são abandonados em ambientes inadequados como terrenos baldios, ruas, áreas de preservação e outros, tendo como consequência a poluição do meio ambiente (GONÇALO, 2017)

Quanto a coleta de resíduos sólidos, pode-se classificar três tipos de coleta, a coleta urbana, que geralmente faz recolhimento do resíduos classificados como domiciliar, a coleta seletiva, que pode ser feita como a coleta domiciliar ou pode acontecer em pontos de entrega voluntária, esse tipo de coleta geralmente é utilizado para resíduos recicláveis, e por último a informal, essa é desenvolvida por captação manual, é a que mais contribui para reciclagem (MANZANO, 2016).

Já os resíduos da construção civil, o ideal é fazer o Gerenciamento, as etapas são: segregação, Acondicionamento, transporte, Tratamento e destinação final. No entanto, para que a gestão de resíduos sólidos da construção civil seja eficiente é necessário que todos os colaboradores estejam ciente da importância de tais atividades, deve-se desenvolver a educação ambiental na empresa, até mesmo na sociedade em geral, para que o foco não seja apenas o lucro, mas primeiramente seja o preservação ambiental (SILVA et al., 2017).

Farias (2018), diz que as etapas da gestão de resíduos sólidos pode ser feita da seguinte forma: identificação, caracterização dos resíduos sólidos, minimização dos resíduos sólidos, segregação na origem, acondicionamento/armazenamento, transporte, área de transbordo de resíduos e destinação dos resíduos.

Cardoso (2017), diz que mais proveitoso que desenvolver o gerenciamento dos resíduos da construção civil é evitar que esses resíduos sejam gerados. Algumas formas de evitar a geração deles são: tratar os funcionários para o maneja e segregação dos materiais de forma adequada, desenvolver capacitação de combate aos desperdícios, *layout* adequado para a obra, armazenamento adequado, entre outros. A não geração, ou a minimização da geração de resíduos em obras civil podem gerar economia para a empresa.

4.2 Posíveis Impactos Ambientais Causados pelos Resíduos da Construção Civil

A coleta e destinação correta dos resíduos sólidos, tanto da construção civil, quanto os demais, trazem diversos benefícios para a sociedade, essas atividades passaram à ter uma grande importância para o poder público e para a população,

haja visto a crescente preocupação com o meio ambiente, resíduos descartados de forma irregular traz prejuízo para o solo e desenvolve doenças na população, gerando custo para os órgãos públicos (MANZANO, 2016).

Citadin (2018), argumenta que dentre os setores industriais, a construção civil é a que mais consome recursos naturais, chegando a utilizar 75% (setenta e cinco por cento) dos recursos naturais extraídos no meio ambiente, que são utilizados desde a produção inicial dos insumos até a obra final, sendo que desses recursos naturais extraídos, boa parte vira lixo. Esse setor é responsável pela maior parte de produção de resíduos sólidos do país.

Algumas das consequências geração de resíduos da construção civil são: acúmulo de resíduos em margens ou no fundo dos rios, terrenos baldios e outras áreas ficam inapropriada para quaisquer uso devido à presença resíduos. Além de que essas matérias podem causar problemas de saúde pública devido a presença de produtos tóxicos, acúmulo de água e proliferação de insetos (CITADIN, 2018).

Os principais impactos ambientais da construção civil são: geração de resíduos, ruídos (poluição sonora), aumento do consumo de energia, desperdício de água, mudanças em depósitos hídricos naturais, poluição e aquecimento global. A construção civil é muito importante para a economia do país, o ideal não é reduzir o número de obras, haja visto a importância econômica, mas deve-se desenvolver edificações mais sustentáveis, para que assim a indústria continue crescendo e o meio ambiente seja preservado (MOBUSS, 2018).

Mendes (2019), diz que o mais de 80% (oitenta por cento) da população brasileira vive em áreas urbanas, essa aumento de moradores urbano trouxe crescimento para a construção civil, é conseqüentemente para a economia brasileira, pois o setor de construção é fundamental para o desenvolvimento de um país, no entanto esse é um ramo que mais consome recursos naturais, inclusive é responsável por desmatamento e geração da maior parte da produção de resíduos sólidos.

Percebe-se, a partir das citações anteriores, que não só os resíduos sólidos dessa indústria traz prejuízos ambientais, mas todas as etapas da construção civil pode gerar impactos ambientais negativos. Os resíduos sólidos causam problemas como, inutilização de terrenos baldios, problemas de saúde, poluição, inclusive de rios, porém a construção civil em geral traz diversos outros problemas, a partir do uso dos recursos naturais, além de que, geralmente quando se constrói um edifício, árvores são destruídas, a urbanização causa desmatamento que é outro problema ambiental grave.

Para evitar impactos ambientais causados pelos resíduos da construção civil, deve-se questionar e agir quanto às seguintes práticas:

1. A mudança dos conceitos da arquitetura convencional na direção de projetos inteligentes e ecológicos com possibilidade de readequação para futu-



- ras mudanças. E de uso e atendimento de novas necessidades, reduzindo as demolições;
2. A busca por soluções que minimizem o uso de energia ou que opte por energias renováveis;
 3. Gestão ecológica da água;
 4. Redução do uso de materiais com altos impactos ambientais causados pela construção civil;
 5. Redução dos resíduos da construção com reciclagem e transformação de componentes para diminuir perdas e especificações que permitam a reutilização de materiais (CITADIN, 2018, p10).

Sendo assim, a partir do que foi analisado é possível entender que a questão dos impactos ambientais é um problema da sociedade moderna. São várias as ações humanas que causam impactos ambientais inclusive as relacionadas a construção civil, haja visto, a produção de papeis, plásticos e outros. Além disso, existem leis que buscam controlar os impactos ambientais, porém é necessário que sejam aplicadas, e principalmente que sejam aplicados métodos que evitem a geração de resíduos durante os processos.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Chegou-se à conclusão que os impactos ambientais constitui um problema resultante da sociedade moderna e que não só a construção civil, com a geração de entulhos, papeis, plásticos e outros, pode causar impactos ambientais negativos, mas também outras atividades humanas. Pode-se dizer que o Brasil é rico em Leis que buscam a preservação ambiental, o CONOMA por exemplo, traz benefícios para toda a sociedade, pois a partir dessa resolução, matérias que outrora era lançados em vias públicas, passaram a serem reaproveitados.

A construção civil traz benefícios para a economia do país, mas por outros lado pode trazer prejuízos tanto para a natureza, que vai desde o desmatamento até o consumo dos recursos naturais já que a construção civil é responsável por utilizar 75% (setenta e cinco por cento) dos recursos naturais extraídos no meio ambiente, quanto para o homem, pois resíduos descartado de forma irregular, possibilita o acúmulo de água e pode desenvolver doenças na população.

O objetivo do trabalho foi compreender os impactos ambientais causados pelos resíduos da construção civil, chegou-se à conclusão que os principais impactos causado por essa atividade são, principalmente, o desmatamento e a poluição. A melhor forma de reverter essa situação não é impedindo que a construção civil continue crescendo, mas sim buscar formas de minimizar ou cessar a geração de tais resíduos, estudos relacionados a forma de reduzir a produção de resíduos nas obras poderão ser desenvolvidos futuramente.



Referências

- AVELINO, Carlos. **As sete principais leis ambientais brasileira**. Disponível em: < <http://www.estrategiaods.org.br/as-sete-principais-leis-ambientais-brasileiras/>>. Acesso em: 29, out. 2019.
- BRASIL, Conselho Nacional do Meio Ambiente-(CONAMA). **RESOLUÇÃO No 307, DE 5 DE JULHO DE 2002**. Disponível em: < <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=307>>. Acesso em: 30 NOV. 2019.
- BRASIL; **RESOLUÇÃO CONAMA Nº 001, de 23 de janeiro de 1986**. Disponível em: < <http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html>>. Acesso em: 28, agosto, 2019.
- BRASIL, República Federativa do Brasil. **Legislação Ambiental Básica**. 2008 Ministério do Meio Ambiente e Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura. Disponível em: < http://www.mma.gov.br/estruturas/secex_conjur/_arquivos/108_12082008084425.pdf>. Acesso em: 10, abr, 2019.
- BRITO, RAQUEL. **Impactos ambientais: o que é, principais causas e muito mais nesse artigo completo**. Disponível em: < <https://www.stoodi.com.br/blog/2018/04/19/impactos-ambientais-o-que-e-acao-do-homem-principais-causas-e-muito-mais-nesse-artigo-completo/>>. Acesso em: 16, Abr, 2019.
- CARDOSO, Luiza Moura. **Tudo sobre resíduos sólidos da construção civil**. Disponível em: < <https://www.sience.com.br/blog/residuos-solidos-da-construcao-civil/>>. Acesso em: 30, Nov. 2019.
- CARVALHO, José Carlos. **RESOLUÇÃO CONAMA nº 307, de 5 de julho de 2002 Publicada no DOU no 136, de 17 de julho de 2002, Seção 1, páginas 95-96**. Disponível em: < https://www.mma.gov.br/estruturas/a3p/_arquivos/36_09102008030504.pdf>. Acesso em: 30, out. 2019.
- CITADIN, Daniara. **Impactos ambientais causados pela construção civil**. Disponível em: < <https://www.sience.com.br/blog/impactos-ambientais-causados-pela-construcao-civil/>>. Acesso em: 30, out. 2019.
- FARIAS, Me Marylin Fonseca Leal de Farias. **Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil –PGRSCC**. In: FÓRUM DE ENGENHARIA CIVIL, II, 2018, Universidade CEUMA, São Luís.
- GONÇALO, Jacqueline. **Resíduos sólidos de construção civil: como deve ser feito o descarte**. Disponível em: < <https://www.lopes.com.br/blog/mercado-imobiliario/residuos-solidos-de-construcao-civil-como-deve-ser-feito-o-descarte/>>. Acesso em: 30, out. 2019.
- MACHADO, Gleysson B. **Lei 12.305/2010- Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Disponível em: < <https://portalresiduossolidos.com/lei-12-3052010-politica-nacional-de-residuos-solidos/>>. Acesso em: 23, out. 2019.
- MANZANO, Maria Carolina Rodella. **Classificação e tipo de resíduos sólidos**. Disponível em: < <https://www.infoescola.com/ecologia/residuos-solidos/>>. Acesso em: 27, out. 2019.
- MENDES, Henrique. **Construção civil e seu impacto no meio ambiente**. Disponível em: < <https://green-domus.com.br/a-construcao-civil-e-seu-impacto-no-meio-ambiente/>>. Acesso em: 30, out. 2019.
- MOBUSS. **Principais impactos ambientais da construção civil e como evita-los**. Disponível em: < <https://www.mobussconstrucao.com.br/blog/impactos-ambientais-da-construcao/>>. Acesso em: 30, out. 2019.
- NAKAGAWARA, Yoshiya. **Principais leis ambientais brasileira**. Terra. Disponível em: < <https://www.terraambiental.com.br/blog-da-terra-ambiental/as-principais-leis-ambientais-brasileiras>>. Acesso em: 25, out. 2019.
- PEREIRA, CAIO. **Tipos de Resíduos da Construção Civil**. Escola Engenharia, 2017. Disponível em: < <https://www.escolaengenharia.com.br/tipos-de-residuos/>>. Acesso em: 17, Abr. 2019.
- SANTOS, Vanessa Sardinha Dos. **“O que é biodiversidade?”**; Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/o-que-e/biologia/o-que-e-biodiversidade.htm>. Acesso em 03 de setembro de 2019.
- SILVA; Otavio Henrique, Murilo Keith Umad, Paula Polastri, Generoso De Angelis Neto, Bruno Luiz Domingos



De Angelis, José Luiz Miotto. **Etapas do gerenciamento de resíduos da construção civil.** Disponível em: < <https://periodicos.ufsm.br/reget/article/viewFile/20558/pdf>>. Acesso em: 30 Nov. 2019.

WWF, *World Wide Fund for Nature*. **Alterações climáticas.** Disponível em: < https://www.natureza-portugal.org/o_nosso_planeta/alteracoes_climaticas/>. Acesso em: 28, agosto, 2019.





CAPÍTULO 9

ENGENHARIA E MANUTENÇÃO EM AEROGERADORES

WIND TURBINE ENGINEERING AND MAINTENANCE

Ewerton Vaz Lima

Resumo

Nas últimas décadas o setor eólico tem passado por uma grande evolução tecnológica; pautado na demanda do mercado na utilização de fontes de energias renováveis e redução maior no uso das fontes não renováveis é que a energia eólica ganha cada vez mais destaque; por isso o engajamento no delineamento dos aerogeradores tendo mais destaque os de eixo horizontal, junto com seu pacote de conversão eletromecânica; pacote aerodinâmico e pacote de sustentação; cada vez mais o emprego da energia eólica no mundo está se disseminando e com perspectiva de crescimento na capacidade instalada nos próximos anos; o destaque realizado aos componentes dos aerogeradores como torre, pás, cubo, eixo, nacelle e mecanismos de controle tem o intuito de conhecer a forma de funcionamento e como cada um contribui no processo de geração de energia elétrica pelas correntes de vento, logo esses componentes necessitam de uma manutenção para desempenhar com eficiência seu trabalho; sendo o foco de estudo da gestão de manutenção, o método diagnóstico de falhas e/ou avarias, com suas várias classificações dentro das técnicas invasivas e não invasivas.

Palavras chave: Aerogeradores; Energia eólica, Manutenção diagnóstica, Desenvolvimento tecnológico.

Abstract

In the last decades, the wind sector has undergone a great technological evolution; based on market demand in the use of renewable energy sources and a greater reduction in the use of non-renewable sources is that wind energy is increasingly highlighted; for this reason, the engagement in the design of the wind turbines, with more emphasis on the horizontal axis, together with its electromechanical conversion package; aerodynamic package and support package; more and more the use of wind energy in the world is spreading and with a perspective of growth in installed capacity in the coming years; the highlight made to the components of the wind turbines such as tower, blades, hub, shaft, nacelle and control mechanisms has the intention of knowing the way of functioning and how each one contributes in the process of generation of electric energy by the wind currents, therefore these components they need maintenance to perform their work efficiently; being the focus of the study of maintenance management, the diagnostic method of failures and / or breakdowns, with its various classifications within invasive and non-invasive techniques.

Key-words: Wind turbines; Wind energy, Diagnostic maintenance, Technological development.



1. INTRODUÇÃO

A energia eólica é fruto da energia cinética criada pelo deslocamento do vento, possibilitando a rotação de turbinas, que transformam esse processo em energia mecânica e depois em energia elétrica. Essa transformação de energia proveniente das correntes de vento em energia mecânica existe há muito tempo, primeiro objetivava o funcionamento de bombas d'água e auxiliava na movimentação de navios; a tecnologia juntamente com um acréscimo significativo da produção, agregaram no aprimoramento, na concepção e na forma de construção de aerogeradores. Dessa forma a energia por fonte eólica surgiu como ferramenta de progresso tecnológico na forma de geração, captação e distribuição.

2. TECNOLOGIAS E EVOLUÇÃO DO SETOR EÓLICO

As principais tecnologias no setor eólico relacionadas também as etapas produtivas de aerogeradores, tem-se como os mais comumente usados nas plantas de parques eólicos, os aerogeradores que têm eixo horizontal e possuem três pás (WENZEL, 2007). Esse enfoque está ligado diretamente ao custeio de produção que costuma ser uma barreira para o aprimoramento de qualquer empreendimento; logo temos serviços como instalações e conexão à rede como gastos minoritários em comparação com os aerogeradores que respondem entre 64% e 84% das despesas dos investimentos (IRENA, 2016). As subdivisões de aerogeradores com eixo horizontal se dão por: Pacote de conversão eletromecânica e componentes da nacele; Pacote aerodinâmico; Pacote de Sustentação (ARAÚJO; WILLCOX, 2018).

O pacote de conversão eletromecânica de energia, apresenta dentre todos, a maior evolução quando se fala em tecnologia empregada no seu desenvolvimento, nele incluem-se componentes do escopo da engenharia mecânica, eletrônica e controle e automação, por empregar tecnologias destinadas à geração, conversão e controle da energia eólica (MANIÇOBA, 2018).

O pacote aerodinâmico é composto pelo conjunto de pás e elementos estruturais do rotor, o pacote aerodinâmico é que faz o aproveitamento dos ventos pelos aerogeradores, implicando diretamente na geração, influenciando na capacidade e na procura por maior eficiência; haja vista a variação de regimes de vento, tem-se intensificado o estudo para adquirir excelência, já que esse pacote requer domínio de cálculo estrutural, engenharia mecânica, técnicas de controle, modelagem, automação e simulação dos regimes das correntes de ventos (MATHEW, 2006).

O pacote de sustentação está relacionado a sustentação dos aerogeradores, responsáveis por deixar as pás na altura necessária para um maior aproveitamento dos ventos, esse pacote é composto pelas torres e seus elementos estruturais;



com a busca constante de maior capacidade na geração pelo aproveitamento de ventos mais fortes, surgiu a necessidade de fabricação de torres mais altas, que possibilita o aprimoramento tecnológico nas escolhas de materiais mais resistentes e novas técnicas de simulação para o aperfeiçoamento do projeto e construção dessas torres e componentes (SANTOS, 2013).

2.1 Evolução da energia eólica no mundo

O setor eólico em produção de energia quando se trata de fontes renováveis cresceu aproximadamente 15% anual, referente a última década (GWEC, 2017). Tendo um alcance acima de 500 Giga Watts (GW) de capacidade já instalada, no fim de 2017, onde mais de 95% dessa capacidade instalada corresponde a geração *onshore*; a fonte eólica dentro da matriz energética mundial não corresponde nem a 1% do consumo, deixando claro que há um campo enorme para expandir (IEA, 2018). No fim de 2018, a potência instalada teve o alcance de 591 GW, o que corresponde em 10 anos um crescimento em torno de 488%, em comparação com 2017 houve um acréscimo de 9,4%, já em 2019 houve um novo avanço comparado com 2018 de 8,6%, mostrando como o avanço tecnológico no setor eólico, junto com redução de custos de produção, permitem que o esse setor tenha uma maior expansão e seja mais aceito e implantado no mundo (GWEC, 2020).

Os países que têm maior destaque em capacidade instalada, referindo-se ao ano de 2019, são encabeçados pela China 229,5 GW, com 37% da capacidade total, em segundo lugar Estados Unidos com 105,4 GW, e logo depois vêm a Alemanha com 53,9 GW; o Brasil encontra-se em sexto lugar nessa lista, mesma colocação do ano anterior com 15,4 GW de capacidade, nesse mesmo período o Brasil passou a ocupar apenas a décima posição em novas instalações com 0,7 GW, sendo 1,19 GW a menos que o ano de 2018 (GWEC, 2020). Até 2021 a estimativa de aumento na capacidade instalada é acima de 10% anual, conquanto esse percentual pode sofrer variação, pois depende da continuidade nos investimentos, desenvolvimento e aplicação de políticas no setor, a nível global; para que esse crescimento se torne efetivo, haverá necessidade de investimentos entre US\$ 110 bilhões e US\$ 150 bilhões em 2021 e até US\$ 210 bilhões em 2025 (IRENA, 2016).

A expectativa de expansão da capacidade a ser instalada mundialmente de energia eólica nos próximos anos, é que ultrapasse 65 GW anual, com uma média entre 2020 a 2024 de 71 GW, sendo 85,6% referente ao setor *onshore* e 14,4% corresponde a geração *offshore* (GWEC, 2020). Nos próximos anos, a tendência é que essa expansão de mercado possa se disseminar para mais países, entretanto em 2019, assim como aconteceu em anos anteriores, há um domínio que chegou a 73% dos cinco principais mercados em capacidade instalada *onshore* mundial, tratando-se do mercado *offshore*, essa predominância chega aos 92% (GWEC, 2020).



2.2 Evolução da energia eólica no Brasil

A energia eólica, indiscutivelmente vem em uma ascendente espetacular, no Brasil, principalmente quando se leva em conta a última década; deixando de ser alternativa para exercer posição fundamental na matriz elétrica (ABEEÓLICA, 2019). Em 2019, o Brasil atingiu a marca de mais de 15 GW, o que é bem relevante se comparado a 2005, onde não se alcançou nem 0,025 GW, se tem ainda a perspectiva de se alcançar 23,5 GW de capacidade a ser instalada em 2025 (ABEEÓLICA, 2020). O Brasil conta ainda com um potencial grande de produção eólica offshore, ainda maior que a *onshore*, com ventos com direção constantes e ótima intensidade, que são características essenciais nesse tipo de empreendimento, no entanto não existe ainda parques eólicos offshore no país (MATSUMURA, 2019).

O estado que tem mais capacidade instalada em seu território é o Rio Grande do Norte com cerca de 4,3 GW instalados, seguido de Bahia e Ceará com 4 GW e 2 GW, respectivamente; e em quarto aparece o Rio Grande do Sul, o único estado entre os cinco primeiros, que fica fora da região Nordeste (ABEEÓLICA, 2020). Essa dominância do Nordeste, é explicado pelas características do vento nessa região, os mesmos são estáveis e regulares, o que os tornam mais eficientes, chegando até 40% de capacidade média (BRASIL, 2007a, 2007b). Esse fator de capacidade é bem superior aos dos quatro principais mercados global (IRENA, 2016).

3. AEROGADORES: ENGENHARIA E COMPONENTES

3.1 Turbinas de eixo vertical

Os aerogeradores podem ter sua classificação definida, a partir do posicionamento do rotor, estes podem ser, no sentido horizontal e sentido vertical; os de eixo vertical, têm sua rotação funcionando perpendicularmente a orientação das correntes de vento, logo, independentemente do sentido da ocorrência dos ventos, o funcionamento ocorre normalmente, sem a necessidade de dispositivos destinados à identificação de direção, o que significa um custo a menos na operação do equipamento; temos então, Darrieus, Savonius, Darrieus – Savonius e Panemone como exemplos de rotores que possuem o eixo no sentido vertical (SANTOS, 2013; MANIÇOBA, 2018).



3.2 Turbinas de eixo horizontal

As turbinas que possuem eixo horizontal, na captação e transformação de energia demonstram uma eficácia bem maior do que as de eixo vertical; como geralmente tem um comprimento maior da sua torre, conseguem aproveitar ventos com maior intensidade, que são mais frequentes em maiores altitudes, tendo melhores condições de gerar eletricidade (ISLAM; TING; FARTAJ, 2008).

O eixo rotacional desse tipo de turbina localiza-se no mesmo sentido da torre de suportação estrutural do rotor, perpendicularmente as correntes de vento; os aerogeradores mais comuns na produção de energia elétrica, são os que possuem seu eixo disposto horizontalmente que dispõem de tr s p s em formato de hélice, estes, são mais caros do que os demais aerogeradores, porém tem o melhor custo – benefício, devido a sua menor exposição às tensões mecânicas e a um desempenho aerodinâmico superior (MANIÇOBA, 2018).

A localização e as condições atmosféricas, mais precisamente, os ventos encontrados onde será implantado o empreendimento, são fatores eliminatórios na escolha de aerogeradores adequados; logo   necessário conhecer o aerogerador mais a fundo, em destaque o de eixo horizontal com suas partes constituintes; temos: p s, eixos de alta velocidade, eixo de baixa velocidade, cubo, caixa de engrenagem, anem metros, gerador elétrico, sistemas para controles, nacele e torre (LINARD, 2014). Aprofundando mais nos componentes temos:

- P s do rotor: responsáveis pela captação das correntes de vento, fazendo com que seu eixo rotacione (LINARD, 2014; RODRIGUES, 2017);
- Eixo: através da sua rotação que   possível produzir energia no gerador (MARQUES, 2018);
- Gerador: Utiliza da energia rotacional liberada pelo giro do eixo, e com eletromagnetismo, produz eletricidade (SEQUEIRA, 2012);
- Equipamentos elétricos: Esses administram componentes de segurança e transmitem eletricidade produzida no gerador (SILVA, 2013);
- Caixa de engrenagens: Trabalha no eixo, aumentando sua velocidade, entre o gerador e o cubo do rotor (MARQUES, 2018);
- Freios: Em caso de qualquer falha operacional ou mesmo sobrecarga de energia, ele é acionado para parar o rotacionamento do eixo (CARDOSO, 2018);

- Nacele: É incluso neste, o sistema yaw (que é de orientação do sentido da nacele), sistema hidráulico, caixa multiplicadora e sistema eletrônico de controle (CASTRO, 2009);
- Sistema de controle eletrônico: Serve como monitoramento do sistema, faz uma ajustagem da turbina em relação ao vento, e a desliga caso seja necessário, ao identificar algum erro operacional (RESENDE, 2011);
- Controlador: Alinha o rotor, movendo – o na direção das correntes de vento (SANTOS, 2013);
- Torre: É a sustentação dos demais componentes do aerogerador, e estabelece uma altura de segurança na operação das pás, mantendo – as longe do solo (CASTRO, 2009).

3.2.1 Torre

Parte importante dos aerogeradores, as torres entram no pacote de sustentação estrutural e elevam os rotores a altitudes onde possam trabalhar com um desempenho maior; têm muita participação nos custos de instalação, por serem muito extensas e requererem um grande espaço para armazenamento, sem contar dificuldades no transporte; logo no início dos empreendimentos essas torres eram fabricadas com metal treliçado, mas com o avanço tecnológico, e o emprego de geradores maiores, pás maiores, e um maior peso a sustentar, os materiais construtivos foram mudando e temos um cenário onde tem sido muito empregado, as torres de concreto, com ou sem cabos de tensionamento e torres construídas com metal tubular (AMARANTE et al., 2001).

3.2.2 Pás

As pás fazem o processo de interação do aerogerador com as correntes de vento, na atualidade as pás são feitas em fibras de vidro e têm um reforço realizado pela utilização de resinas; em aerogeradores que o controle de velocidade por passo é usual, as pás conseguem mudar a angulação de ataque, pois são dotadas de rolamentos que possibilitam esse movimento (WENZEL, 2007).

Ao longo do tempo a fabricação das pás foi evoluindo e empregando novos materiais, outrora eram utilizados madeira, alumínio e aço, hoje são fabricadas normalmente em fibras de vidro e carbono e utilizam de polímeros como epóxi e poliéster; os materiais compósitos são muito resistentes a fadiga e pode-se dizer o mesmo às cargas estáticas, tendo uma elevada elasticidade e peso menor do que as pás compostas de outros materiais, todos esse conjunto de fatores possibilitou



um esforço menor nos rolamentos, diminuindo conseqüentemente a fadiga; atendendo a vários parâmetros existentes no projeto de aerogeradores, os materiais compósitos representam uma grande evolução tecnológica no setor eólico (DUTRA, 2001; MAZUMDAR, 2002; LEÃO, 2008; VENTURA, 2009).

3.2.3 Nacele

Localizam-se na nacele, componentes do sistema como motores, que possibilitam direcionar o conjunto para um melhor aproveitamento dos ventos, gerador, sistema de controle, e quando aplicável, caixa de engrenagem (AMARANTE et al., 2001).

4. MANUTENÇÃO: MONITORAMENTO E DIAGNÓSTICO

A indicação de falhas por meio da ferramenta do sistema de diagnóstico é muito bem aceita no conjunto produtivo de energia de fonte eólica, pois consegue especificar tanto a presença, a gravidade e onde se localiza tal falha (RODRIGUES, 2017). A manutenção constitui em um agrupamento de ações para conservar as condições do equipamento ou retorná-lo para uma condição de operação satisfatória, para que cada item desempenhe a sua função conforme foram projetados; basicamente a manutenção objetiva, utilizar o mínimo dos recursos necessários, dar garantia que o processo seja confiável e concertar quebras existentes no sistema (IRENA, 2012).

O Método Diagnóstico de Falhas e/ou Avarias (MDFA) junto com seus subsistemas analisa todo conjunto do sistema eólico de geração de energia como pás do rotor, cubo, caixa de engrenagem, gerador, outros componentes da nacele assim como a própria torre, a partir de sensores que parametrizam a situação de cada um; as técnicas invasivas buscam a precisão na localização das falhas possíveis, isso através de testes destrutivos (TDs) e testes não-destrutivos (TNDs) (RODRIGUES, 2017).

4.1 Técnicas diagnóstica baseadas em testes destrutivos

Testes destrutivos, quando realizados, conseguem uma interpretação mais clara do que os TNDs isso porque no item analisado, mesmo que não cause o descarte da estrutura ficam marcas da realização do teste; os TDs na sua aplicação podem se apresentar como dinâmicos ou estáticos, e podem identificar fatores como o desgaste, vida útil, sobre o desempenho e as condições estruturais dos itens tes-

tados; algumas dessas técnicas são classificadas como, análise de óleo e vibração, medição de temperatura e tensão, efeitos elétricos, condição física dos materiais entre outras (MALHOTRA; CARINO, 2003; GAMIDI, 2009).

- **Análise de vibração:** Empregada em componentes como pás, rolamentos, caixa de engrenagem e veios; são utilizados instrumentos como acelerômetros para alto alcance, spectral emissions energy sensors para muito alto alcance, sensores de velocidade para médio alcance e transdutores para baixo alcance, selecionados dependendo da necessidade e as condições que operam, esse método em antever problemas relacionados a falhas se torna o mais eficiente (VERBRUGGEN, 2003; LAGO, 2007; SEQUEIRA, 2012; TCHAKOUA et al., 2013).
- **Análise de óleo:** Objetiva principalmente fazer a monitoração do óleo, verificando se o mesmo está em condição de uso ou se haverá necessidade da substituição, manter o óleo sempre com boa qualidade para aplicação e dar proteção para todas as partes que participem do processo e necessitem de lubrificação; nas turbinas eólicas é muito utilizado esse método na caixa de engrenagens, onde o óleo sofre o impacto de altas temperaturas, e essa análise se torna bem eficaz na identificação de danos possíveis em engrenagens e rolamentos que são responsáveis por volta de 80% dos problemas causados na caixa de engrenagem (MÁRQUEZ et al., 2012; BARRETT; STOVER, 2013).
- **Medição de temperatura:** Fornece dados sobre a deterioração que está ocorrendo nos objetos que estão sendo analisados, por isso é muito aplicado em turbinas eólicas, nos rolamentos, nas bobinas ou no próprio óleo do motor; desde atrito em demasia até as particularidades dos lubrificantes no caso das deficiências, são identificadas por esse método através de sensores como os de termorresistências; termopares e pirômetros do tipo ótico; visto que a temperatura sofre muita influência dos meios externos e outros fatores, esse tipo de medição praticamente serve como auxílio para os outros métodos aplicados, como o de análise de vibrações (JAYASWAL; WADHWANI; MULCHANDANI, 2008; GONG, 2012; SIMÕES, 2018).

4.2 Técnicas diagnóstica baseadas em testes não-destrutivos

Testes não-destrutivos, objetiva o apontamento de discontinuidades, que podem afetar na utilização de determinado item, isso sem deixar qualquer insinuação de teste realizado no objeto; os TNDs são mais empregados em localizações específicas que já foram analisadas e que podem aparecer falhas que venham a causar algum tipo de dano; essas técnicas podem ser, testes ultrassônicos, inspeção radiográfica e visual, termografia, emissão acústica entre outras (RODRIGUES, 2017).



- **Inspeção visual:** É baseada nas percepções humanas, como por exemplo, a inspeção visual realizada para a detecção de deformações em peças, ou identificar a falta de algum componente no conjunto, ou onde o desgaste é visível, vazamentos de óleo, elementos desconectados, corrosão, excesso de temperatura que tem reflexo estrutural ou vibração fora do comum em engrenagens; é obvio que esse tipo de MDFA é limitada, apenas inspeção visual muitas vezes não identificam alguns problemas existentes na superfície de equipamentos e os resultados de inspeções são diretamente ligadas a expertise do inspetor responsável; se utiliza muito dessa técnica na verificação dos rolamentos das pás do rotor, transformador, gerador, nacele e outros conjuntos considerados críticos (TCHAKOUA et al., 2013).
- **Emissão acústica:** São usados nesse método sensores de deslocamento constituído de fibra ótica, responsáveis por parametrizar a energia, amplitude, valor de eficácia, curtose, entre outros, e emprega-se também os transdutores piezoelétricos; esse tipo de MDFA por trabalhar com energias que são liberadas como ondas do tipo elásticas transitórias através de alteração dinâmica consegue captar vibrações em alta frequência entre 50 KHz a 1 MHz, diferentemente do que acontece na análise de vibração; é mais aplicada em caixa de engrenagem e rolamentos; e o que dificulta sua implantação é o fato de ter um custo ainda elevado (SØRENSEN et al., 2002; WATSON et al, 2007).
- **Testes ultrassônicos:** Tem o princípio de funcionamento na reflexão e difusão de onda elástica, podem ser classificadas como, pulse-echo, capaz de dimensionar a duração de tempo entre a transmissão e o recuo de um eco, por transmissão ou por pitchcatch; a escolha da técnica a ser aplicada depende muito de parâmetros, como a extensão do caminho, delay, impedância acústica, amplitude e ângulo de fase e deflexão da onda; o que permite a confiabilidade das propriedades do material, e também a origem da falha assim como sua localização; esse método de MDFA, é mais utilizado em pás e torre para fazer uma análise da estrutura (GIURGIUTIU; CUC, 2005; HYERS et al., 2006; DREWRY; GEORGIU, 2007; RAIŠUTIS et al., 2008).

4.3 Técnicas diagnóstica não invasivas

As técnicas não evasivas conseguem analisar velocidades tanto variáveis com fixa das turbinas eólicas, assim como falhas em acionamentos tanto direto como indireto com um tempo reduzido de cálculo, diferente dos procedimentos adotados nas técnicas invasivas; são bastante utilizadas em avaliações nas velocidades visando o aumento da confiabilidade do equipamento e uma consequente diminuição nos custos operacionais e de manutenção; nesse contexto podem se empregar o monitoramento de desempenho, análise do sistema de supervisão e aquisição de dados (SCADA), Análise da curva de potência e assinatura eletrônica (TCHAKOUA



et al., 2014).

- Monitoramento de desempenho: Realiza a leitura de elementos como angulação das pás, capacidade de implantação, velocidade do rotor e do vento, e potência; essas análises junto com as especificações técnicas disponibilizadas pelos fabricantes são comparadas e a partir daí identifica-se desvios no funcionamento do equipamento; caso haja muitas divergências esse monitoramento avisa sobre a necessidade de intervenção (SAEED, 2008).
- Análise de sinal de potência: Destina-se a detectar falhas de potência visto que pode a mesma variar por motivo das turbulências exercidas pelo vento e outras eventualidades de várias origens; alguns métodos de análises podem ser pela utilização numérica empregada em um modelo dinâmico de simulação para observação do desempenho de vento para stand-alone dos aerogeradores no seu eixo vertical isso sem sensor de monitoramento (WAKUI; YOKOYAMA, 2013). Outro método de identificação de falhas é através da velocidade na rotação e a potência que sai do gerador para apontamento de falhas por alguma derivação no sinal (JOHNSON et al., 2006).
- Análise de assinatura: É uma técnica com muita abrangência, possibilita a identificação de falhas tanto do tipo elétrica como falhas mecânicas em tipos variados de sinais, pela retirada da influência exercida negativamente pelo vento em suas variáveis (YANG; TAVNER; WILKINSON, 2008). Outro método é com a utilização de geradores de indução contendo dupla alimentação para monitorar embasado em assinaturas expressas nas correntes geradas por equipamentos como rotor e o estator (YAZIDI et al., 2006).

4.4 Tendências das técnicas diagnóstica em aerogeradores

- Monitoramento Inteligente: Pretende focar nos resultados de hardwares interpretando-os, de tal forma que para sua operação não haja a necessidade de especialização profissional, só treinamento; visa também a verificação de interrupções de energia, de sinal, de cabos e toda a gama de sensores instalados para alertar qualquer desvio no funcionamento de maneira que não gere falsos alarmes, como muitas vezes acontecem nos outros MDFAs (WANG, 2008; AMIRAT; CHOQUEUSE; BENBOUZID, 2010).
- Monitoramento eletrônico: Com a instalação de aerogeradores em áreas de difícil acesso, se torna mais complicado a aplicação de métodos de diagnósticos, por isso que esse tipo de monitoramento se torna uma ótima saída, porque seu funcionamento pode acontecer em rede ou em um sistema independente e acessado remotamente em várias partes do mundo (CHRISTENSEN; ANDERSSON; GUTT, 2009; TCHAKOUA et al., 2014).



- Monitoramento de estado estrutural: Visando uma maior segurança na operação, essa técnica surgiu como alternativa de monitorar o funcionamento em tempo real das turbinas eólicas de maneira remota e sem utilização de fios e com processos gestacionais de autodiagnóstico do sistema como um todo; visto que qualquer falha por exemplo nas pás do rotor gera um desbalanceamento de outros componentes, podendo inferir em problemas de produção e segurança (SMARSLY; LAW; HARTMANN, 2011; YANG; SUN, 2013).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O crescimento da energia eólica no mundo é inegável, e com tendências a uma maior consolidação dentre as fontes de energias tanto renováveis como não renováveis; apesar dessa clara expansão, observa-se uma concentração na capacidade instalada de geração em alguns países como China e Estados Unidos da América, somando mais de 50% da capacidade de geração; o Brasil segue essa tendência de crescimento mundial e com um grande campo para avanço, pois possui condições favoráveis de correntes de vento, principalmente na região nordeste.

O desenvolvimento do mercado eólico passa também pelo aprimoramento dos materiais utilizados na fabricação dos componentes; tais como os sistemas de controle, que influenciam diretamente na eficiência dos aerogeradores, pois são responsáveis pelo aproveitamento aerodinâmico, assim como o equilíbrio das forças de sustentação e arrasto e direcionamento do ângulo do sistema para um maior aproveitamento na captação dos ventos; esses parâmetros vão sendo direcionados por um mercado que busca continuamente um menor custo de implantação e uma produtividade maior. Nesse contexto é que o emprego da manutenção diagnóstica é de suma importância; tanto com métodos invasivos, por técnicas não-destrutivas e destrutivas, assim como os métodos não invasivos, têm suas aplicações conforme eficiência dos métodos em cada circunstância de análises e para cada componente individualizado dentro do conjunto do aerogerador.

Referências

ABEEÓLICA - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA EÓLICA. **Boletim anual de geração eólica 2018**. 2019. Disponível: < http://abeeolica.org.br/wp-content/uploads/2019/05/Boletim-Anual_2018.pdf >. Acessado em 24. abr. 2020.

ABEEÓLICA - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA EÓLICA. **InfoVento 15 – Versão Português**, ABEEÓLICA, 2020. Disponível: < http://abeeolica.org.br/wp-content/uploads/2020/04/Infovento-15_PT.pdf >. Acessado em: 24. abr. 2020.

AMARANTE, Odilon A. Camargo do. et al. Atlas do potencial eólico brasileiro. Brasília: Ministério de Minas e Energia, 2001. 44 p.



AMIRAT, Y.; CHOQUEUSE, V.; BENBOUZID, M. E. H. Wind turbines condition monitoring and fault diagnosis using generator current amplitude demodulation. 2010 Ieee International Energy Conference, [s.i.], p. 310-315, dez. 2010.

ARAÚJO, Bruno Platteck de; WILLCOX, Luiz Daniel. **Reflexões críticas sobre a experiência brasileira de política industrial no setor eólico**. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n.47, p. 163 -220, mar 2018.

BARRETT, Michael P; STOVER, Justin. Understanding Oil Analysis: how it can improve reliability of wind turbine gearboxes. : How It Can Improve Reliability of Wind Turbine Gearboxes. Gear Technology, Elk Grove Village, IL, Usa, p. 104-111, 2013.

BRASIL Ministério de Minas Energia. **Matriz Energética Nacional 2030**. Colaboração Empresa de Pesquisa Energética. Brasília: MME; EPE, 2007a.

BRASIL. Ministério de Minas Energia. **Plano Nacional de Energia 2030**. Colaboração Empresa de Pesquisa Energética. Brasília: MME; EPE, 2007b.

CARDOSO, Ivanilda Tavares. Aproveitamento energético do fluxo de ar resultante da passagem dos automóveis nas (auto-) estradas. 2018. 58 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Energias Renováveis) - Faculdade de Ciências e Tecnologias, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2018.

CASTRO, Rui M.G. Energias Renováveis e Produção Descentralizada: introdução à energia eólica. 4. ed. Lisboa: Universidade Técnica de Lisboa, 2009. 93 p.

CHRISTENSEN, Jacob Juhl; ANDERSSON, Carsten; GUTT, S. Remote condition monitoring of Vestas turbines. In: **Proceedings of the of European Wind Energy Conference and Exhibition (EWEC2009), Marseille, France**, p. 16-19. 2009.

DUTRA, Ricardo Marques. Viabilidade Técnico-Econômica da Energia Eólica face ao Novo Marco Regulatório do Setor Elétrico Brasileiro. 2001. 272 f. Dissertação (Mestrado em Ciências em Planejamento Energético) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2001.

DREWRY, Melody A; GEORGIU, G.A. A review of NDT techniques for wind turbines. Insight - Non-destructive Testing And Condition Monitoring, [s.l.], v. 49, n. 3, p. 137-141, mar. 2007. Disponível: <<http://dx.doi.org/10.1784/insi.2007.49.3.137>>. Acessado em: 06.maio.2020

GAMIDI, S.H. Non Destructive Testing of Structures. 2009. Dissertação (Mestrado) - Indian Institute Of Technology, Bombaim, 2009.

GIURGIUTIU, Victor; CUC, Adrian. Embedded non-destructive evaluation for structural health monitoring, damage detection, and failure prevention. **Shock and Vibration Digest**, v. 37, n. 2, p. 83, 2005.

GONG, Xiang. Online nonintrusive condition monitoring and fault detection for wind turbines. 2012. 170 f. Tese (Doutorado em Philosophy Major) - Interdepartmental Area Of Engineering (electrical Engineering), University Of Nebraska, Lincoln, 2012.

GWEC – GLOBAL WIND ENERGY COUNCIL. **Global Wind Report: Annual Market Update 2016**. Bruxelas, 2017.

GWEC – GLOBAL WIND ENERGY COUNCIL. **Global Wind Report: Annual Market Update 2019**. Bruxelas, 2020.

HYERS, R. W. et al. Condition monitoring and prognosis of utility scale wind turbines. Energy Materials: Materials Science and Engineering for Energy Systems, [s.l.], v. 1, n. 3, p. 187-203, set. 2006. Disponível: <<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1179/174892406X163397>>. Acessado em: 06.maio.2020.

IEA – INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **World Energy Outlook 2017**. OECD Publishing, Paris, 2018.

IRENA – International Renewable Energy Agency. **Renewable energy technologies: Cost analysis series**. v1, Abu Dhabi: United Arab Emirates, 2012.

IRENA – International Renewable Energy Agency. **The power to change: solar and wind cost reduction potential 2025**. Abu Dhabi, jun. 2016.

ISLAM, Mazharu; TING, David S.-k; FARTAJ, Amir. Aerodynamic models for Darrieus-type straight-bladed vertical axis wind turbines. Elsevier: Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 12, p. 1087-1109, maio



- 2008.
- JAYASWAL, Pratesh; WADHWANI, A. K.; MULCHANDANI, K. B.. Machine Fault Signature Analysis. International Journal Of Rotating Machinery, [s.i.], p. 1-10, 2008.
- JOHNSON, K.E. et al. Control of variable-speed wind turbines: standard and adaptive techniques for maximizing energy capture. : standard and adaptive techniques for maximizing energy capture. IEEE Control Systems, [s.i.], v. 26, n. 3, p. 70-81, jun. 2006.
- LAGO, Daniel Fabiano. Manutenção De Redutores De Velocidade Pela Integração Das Técnicas Preditivas De Análise De Vibrações E Análise De Óleo Lubrificante. 2007. 180 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2007.
- LEÃO, Mirtânia Antunes. Fibras de Licuri: Um reforço alternativo de compósitos poliméricos. 2008. 109 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2008.
- LINARD, Flavio Jose Alexandre. Projeto de um gerador com ímãs permanentes e fluxo axial de 50 KW para aplicação em geração eólica distribuída. 2014. 86 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2014.
- MALHOTRA, V Mohan; CARINO, Nicholas J.. Handbook on nondestructive testing of concrete. 2 ed. Boca Raton: CRC Press, 2003.
- MANIÇOBA, Glauco George Cipriano. Análise e Modelagem de um Regulador Eletromagnético de Velocidade para Sistemas de Conversão de Energia Eólica. 2018. 107 f. Tese (Doutorado em Ciências) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2018.
- MARQUES, Nelson da Costa. Evolução da política de planeamento da manutenção na produção de eletricidade em Portugal. 2018. 152 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Eletrotécnica – Sistemas Elétricos de Energia) - Departamento de Engenharia Eletrotécnica, Instituto Superior de Engenharia do Porto, Porto, 2018.
- MÁRQUEZ, Fausto Pedrogarcía et al. Condition monitoring of wind turbines: techniques and methods. : Techniques and methods. Renewable Energy: Elsevier, v. 46, p. 169-178, out. 2012. Disponível: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960148112001899>>. Acessado em: 04. maio. 2020.
- MATHEW, Sathyajith. Wind Energy: fundamentals, resource analysis and economics. Berlim: Springer, 2006.
- MATSUMURA, Emilio Hiroshi. O Potencial Eólico Offshore do Brasil. In: Cenários Eólica. **Editora brasil energia**. 2019. Disponível: < <https://cenarioeolica.editorabrasilenergia.com.br/2019/01/14/o-potencial-eolico-offshore-do-brasil/> > Acessado em 25. abr. 2020.
- MAZUMDAR, Sanjay K. Composites manufacturing: materials, product, and process engineering. New York: CRC Press, 2002.
- RAIŠUTIS, R. et al. The review of non-destructive testing techniques suitable for inspection of the wind turbine blades. **Ultragarsas (ultrasound)**: Ultrasound Institute, Kaunas University of Technology, Kaunas, Lithuania, v. 63, n. 1, p. 49-52, 16.jun. 2008.
- RESENDE, Fernanda de Oliveira. Evolução tecnológica dos sistemas de conversão de Energia Eólica para ligação à rede. **E-Ip Engineering And Technology Journal**, Porto, v. 2, p. 1-15, 2011.
- RODRIGUES, Márcia Alexandra Cabecinha. **Diagnóstico de Avarias em Sistemas de Conversão de Energia Eólica**. 2017. 100 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores) - Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto, 2017.
- SAEED, Asif. **Online Condition Monitoring System for Wind Turbine**: case study. 2008. 79 f. Dissertação (Mestrado em Science In Electrical Engineering) - Department of Applied Signal Processing, Blekinge Institute Of Technology, Karlskrona, Suécia, 2008.
- SANTOS, Núria Alice Alves Silva. **Otimização de torre de aço para aerogerador eólico**. 2013. 116 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Centro de Tecnologia e Ciências, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.
- SEQUEIRA, Cláudia Dias. **A análise de vibrações como ferramenta para a melhoria da manutenção**

em aerogeradores. 2012. 183 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2012.

SILVA, Selênio Rocha. **Tecnologia em Aerogeradores.** Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2013.

SIMÕES, João Filipe Santos. **Controlo de Condição de Componentes de Turbinas Eólicas.** 2018. 120 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Lisboa, Lisboa, 2018.

SØRENSEN, Bent F. et al. Fundamentals for remote structural health monitoring of wind turbine blades - a preproject. **DTU Library:** Technical University of Denmark, Kongens Lyngby, Dinamarca, p. 1-41, 2002.

SMARSLY, Kay; LAW, Kincho H.; HARTMANN, Dietrich. Implementing a multiagent-based self-managing structural health monitoring system on a wind turbine. In: **Proceedings of the 2011 NSF Engineering Research and Innovation Conference. Atlanta, GA, USA.** 4-7.jan.2011.

TCHAKOUA, Pierre et al. New trends and future challenges for wind turbines condition monitoring. **2013 International Conference On Control, Automation And Information Sciences (iccais)**, Nha Trang, p. 238-245, 27, 25-28 November, 2013.

TCHAKOUA, Pierre et al. Wind Turbine Condition Monitoring: state-of-the-art review, new trends, and future challenges: State-of-the-Art Review, New Trends, and Future Challenges. **Energies**, [s.i.], v. 7, n. 4, p. 2595-2630, 22 abr. 2014.

VENTURA, Ana Mafalda FM. Os Compósitos e a sua aplicação na Reabilitação de Estruturas metálicas. **Ciência & Tecnologia dos Materiais**, Lisboa, v. 21, n. 3-4, p. 10-19, jul 2009.

VERBRUGGEN, T.W. **Wind turbine operation and maintenance based on condition monitoring WT-Ω final report.** Petten, Holanda: Energy Research Centre Of The Netherlands ECN, 2003. 39 p. Disponível em: <<https://www.osti.gov/etdeweb/biblio/20376548>>. Acessado em: 05. maio. 2020.

WATSON, Matt et al. A Comprehensive High Frequency Vibration Monitoring System for Incipient Fault Detection and Isolation of Gears, Bearings and Shafts/Couplings in Turbine Engines and Accessories. **Turbo Expo 2007**, [s.i.], v.5. p. 885-894, 1 jan. 2007. Disponível: <<http://dx.doi.org/10.1115/gt2007-27660>> Acessado em: 05.maio.2020.

WAKUI, Tetsuya; YOKOYAMA, Ryohei. Wind speed sensorless performance monitoring based on operating behavior for stand-alone vertical axis wind turbine. **Renewable Energy:** Elsevier, [s.i.], v. 53, p. 49-59, maio.2013.

WANG, Wilson. An Intelligent System for Machinery Condition Monitoring. **Ieee Transactions On Fuzzy Systems:** Institute of Electrical and Electronics Engineers, Piscataway, Nova Jersey, v. 16, n. 1, p. 110-122, fev. 2008.

WENZEL, Guilherme München. **Projeto Aerodinâmico De Pás De Turbinas Eólicas De Eixo Horizontal.** 2007. 76 f. TCC (Graduação em Engenharia Mecânica) - Departamento de Engenharia Mecânica e Mecatrônica, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

YANG, Wenxian; TAVNER, P. J.; WILKINSON, Michael. Wind Turbine Condition Monitoring and Fault Diagnosis Using Both Mechanical and Electrical Signatures. **2008 IEEE/ASME International Conference On Advanced Intelligent Mechatronics**, Xian, China, p. 1296-1301, jul. 2008.

YANG, Bin; SUN, Dongbai. Testing, inspecting and monitoring technologies for wind turbine blades: a survey. : A survey. **Renewable And Sustainable Energy Reviews**, [s.i.], v. 22, p. 515-526, jun. 2013.

YAZIDI, A. et al. A new monitoring system for wind turbines with doubly-fed induction generators. **Melecon 2006 - 2006 Ieee Mediterranean Electrotechnical Conference**, Malaga, Spain, p. 1142-1145, 2006.



CAPÍTULO 10

GERENCIAMENTO E CONTROLE DE ESTOQUE NAS ORGANIZAÇÕES

STOCK MANAGEMENT AND CONTROL AT ORGANIZATIONS

Matheus Macedo Barroso
Matheus Pacheco da Silva
Nadyla Galvão Maciel
Sarah Letícia Correa Sousa

Resumo

O objetivo principal deste trabalho é considerar a importância que a gestão de estoque exerce no desenvolvimento de uma organização, bem como os transtornos que sua ausência pode ocasionar. Foi apresentado, através de revisão bibliográfica, os conceitos de gestão de estoque, tipos de estoque, e uma síntese de estudos sobre três tipos de tecnologia da informação aplicada à gestão de estoques, ressaltando seus benefícios. A necessidade de produzir em um cenário comercial cada vez mais dinâmico faz com que as empresas passem a se concentrar em adquirir excelência operacional. Convém afirmar que o sucesso empresarial passou relacionar-se intimamente com a capacidade de inovar nos processos. Através dos recursos advindos com a Tecnologia da Informação (TI), tornou-se possível adquirir organização, armazenamento e gerenciamento de grandes volumes de informações que quando bem administrados facilitam os processos de tomada de decisão. As pesquisas que fundamentam este estudo permitiram ponderar que à medida que uma organização mantém seus estoques planejados e controlados aliando gestão e tecnologia, esta tende a obter excelentes resultados operacionais e financeiros.

Palavras-chave: Gestão de estoque; Estoque; *Kanban*; *Just in time*; MRP.

Abstract

The main objective of this work is to consider the importance that inventory management plays in the development of an organization, as well as the disorders that its absence can cause. It was presented, through bibliographic review, the concepts of stock management, types of stock, and a synthesis of studies on three types of information technology applied to stock management, highlighting its benefits. The need to produce in an increasingly dynamic commercial scenario causes companies to focus on achieving operational excellence. It should be noted that business success has become closely related to the ability to innovate in processes. Through the resources provided by Information Technology (IT), it became possible to acquire organization, storage and management of large volumes of information that, when well managed, facilitate decision-making processes. The researches that support this study allowed us to consider that, as an organization keeps its inventories planned and controlled, combining management and technology, it tends to obtain excellent operational and financial results.

Key-words: Inventory management; Management; *Kanban*; *Just in time*; MRP.



1. INTRODUÇÃO

Lucro e competitividade são objetivos comuns às organizações desde as primeiras transações mercantis apresentadas na História. Inerentes a qualquer área de negócios, os estoques correspondem a uma parcela de contribuição no alcance desses objetivos, quer positivamente ou não. A forma como uma organização estrutura e administra os seus estoques influencia diretamente na lucratividade e rentabilidade do negócio e é fator crucial para que esta se mantenha no mercado cada vez mais competitivo e exigente. É necessário, portanto, que haja a implantação de uma gestão de estoques apropriada, devendo ser controlada e acompanhada a fim de que traga resultados positivos à empresa.

Uma estratégia bem elaborada, quando aplicada com a metodologia certa e bem conduzida, garantirá que os diferentes processos e funções organizacionais elevem seu potencial de desempenho. Na prática, outra vantagem se revela como resultado de uma boa formulação de estratégia: a redução de custos. Por exemplo, quando o estoque consegue atender à demanda de maneira congruente ao planejado, os custos com armazenagem sofrem decréscimos, pois a quantidade de pessoal e equipamentos necessários para movimentá-lo irá reduzir. Esta pesquisa justifica-se por apresentar à comunidade acadêmica e social uma síntese das principais ferramentas de gestão utilizadas, por diferentes segmentos de mercado, servindo como base para futuras pesquisas acerca da temática e como fonte de conhecimento para organizações que queiram garantir vantagem competitiva por meio de planejamento e controle mais eficientes.

Apesar da relevância do assunto, nota-se que grande parte das organizações ainda não se atentaram à importância da implantação de uma gestão de estoque eficaz e o que isso pode representar negativamente para seus negócios caso não seja adotada, seja por desconhecimento dos benefícios provenientes, ou pela dificuldade em decidir a forma mais adequada de gerir seus estoques. Que ferramentas então podem provisionar o desempenho de empresas ajudando-as a realizarem o planejamento e controle de seus estoques adequando corretamente sua gestão ao foco estratégico de seus negócios?

O objetivo geral desta pesquisa foi conhecer as principais metodologias utilizadas para gestão de estoques, destacando sua relevância como vantagem estratégica e competitiva para as organizações no mercado. Para sustentar o objetivo principal proposto, tornou-se necessário: explanar o estado da arte no que se refere à gestão de estoques e tipologia de estoque, utilizando base bibliográfica, discorrer sobre as principais ferramentas de gestão de estoques existentes e por fim, sintetizar os estudos mais recentes acerca da relevância da tecnologia da informação para a gestão de estoque nas organizações destacando seus impactos na gestão estratégica como um todo.



A metodologia utilizada para a realização desta pesquisa foi uma revisão de literatura por meio de revisão bibliográfica do tema já especificado, baseada em livros, banco de dados informatizados, artigos científicos e revistas, relacionados a utilização da qualidade como estratégia na prestação de serviços. Salienta-se que o material bibliográfico reunido para fundamentar esta pesquisa foi preferencialmente publicado entre os anos de 2001 e 2019. As palavras-chave empregadas na busca do material bibliográfico foram: gestão de estoque, estoque, *Kanban*, *Just in time* e MRP.

2. GESTÃO DE ESTOQUES

Uma empresa que deseja aumentar o lucro obtido com a produção deverá no mínimo atender aos seguintes objetivos: atendimento excelente aos clientes, processos produtivos com baixo custo e investimento em estoque. Evidenciando o último item, Arnold (2011) destaca que os estoques possibilitam que a empresa se proteja de incertezas no atendimento aos clientes.

Logo, ressalta-se que a Gestão de estoques tem por objetivo garantir o abastecimento constante dos materiais que são necessários ao comércio direto ou que sejam apropriados para atender os serviços prestados pela empresa. Afim de manterem-se competitivas no mercado, as empresas visam a redução de custo e o aumento de produtividade, objetivos que podem ser alcançados com a prática eficiente de gerenciamento dos estoques.

2.1 Conceito de estoque

Martelli e Dandaro (2015) mencionam que todas as empresas, sejam elas de pequeno ou grande porte, ou até mesmo as fornecedoras de serviços, possuem estoque – depósito para armazenamento de recursos materiais e produtos. Para Chiavenato (2005) estoque é definido como o armazenamento de materiais que em algum momento do processo produtivo não são usados, mas existem para aprovisionar possíveis necessidades no futuro. Sem estoque, convém-se afirmar que é impossível uma empresa continuar exercendo suas atividades, pois ele desempenha o papel de amortecedor entre os processos produtivos e a venda final do produto, ou seja, produção e demanda.

Segundo Slack et al (1999, p. 278) estoque é explicado como “a acumulação armazenada de recursos materiais em um sistema de transformação”. Compreende-se que os estoques ocupam o topo das prioridades gerenciais, uma vez que segundo gestores, os estoques podem embargar recursos financeiros e os custos correspondentes. Há ainda a preocupação com os prejuízos acarretados pela perda de clientes que não tiveram seus pedidos atendidos, por exemplo, pela falta de



produtos acabados decorrentes da insuficiência de material prima (CORRÊA; CORRÊA, 2006, p. 516).

De acordo com Moreira (2002, p. 463), estoque é conceituado como:

[...] quaisquer quantidades de bens físicos que sejam conservados, de forma improdutiva, por algum intervalo de tempo; constituem estoques tanto os produtos acabados que aguardam venda ou despacho, como matérias-primas [...].

Estoque então pode ser compreendido como todo o acervo de mercadoria ou matéria-prima designado para algum fim. É um elemento de fundamental importância para as organizações, especialmente quando se considera uma empresa comercial, tendo em conta que o capital investido nela será resultado do lucro adquirido a partir da atividade de consumo.

Para Baily et al (2000, p. 144):

Todas as empresas mantêm alguma coisa em estoque. O estoque pode ser um incômodo, uma necessidade ou uma conveniência. Varejistas e atacadistas veem o estoque como a característica central de seus negócios: o que vendem é o que compram e procuram vender do estoque em vez de anotar encomendas para entregas futuras. Organizações como fábricas, instituições de saúde e outros prestadores de serviços estocam em instalações separadas e não em suas sedes, mas o estoque ainda é um elemento importante da eficácia operacional e, frequentemente, aparece no balanço como um item mais expressivo do ativo circulante, representando muito dinheiro.

A razão de o estoque ser analisado como um ativo de tamanha relevância está relacionada ao fato de que este é um coeficiente decisivo na apuração do balanço patrimonial.

O controle de estoques traz resultados financeiros expressivos, se for corretamente praticado na empresa. Almeida (2010, p. 191) corrobora com a definição de estoque da seguinte forma:

Os estoques são bens destinados à venda ou fabricação, relacionados com os objetivos ou atividades da empresa. Eles são importantes na apuração do lucro líquido de cada exercício social e na determinação do valor capital circulante líquido do balanço patrimonial.

Quando se considera o estoque de material destinado à comercialização, destacam-se os bens a serem vendidos. Na indústria, considera-se os itens empregados na produção de bens e já no setor de prestação de serviços, considera-se os itens que estão armazenados com o intuito de serem usados durante uma atividade. O Quadro 1 faz alusão a alguns exemplos de estoques tratados pelos autores supracitados neste estudo.

Hotel	Itens de alimentação, itens de toalete, materiais de limpeza
Hospital	Gaze, instrumentos, sangue, alimentos.
Loja de Varejo	Coisas a serem vendidas, materiais de embalagem.
Armazém	Coisas armazenadas, materiais de embalagem
Distribuidora de peças	Autopeças em depósito principal, autopeças e, pontos locais de distribuição
Metais preciosos	Materiais (ouro, platina etc.) que esperam ser processados, materiais completamente beneficiados

Quadro 1 - Exemplos de tipos de estoques em operações.
Fonte: Slack; Chamber; Johnston, (2009)

Assim, entende-se que o estoque tem como principal função conceder à empresa o desenvolvimento de ações para assegurar as vendas e a produção. De acordo com Slack; Chamber; Johnston (2009, p. 382), todas as operações condicionam um estoque, seja as atividades desenvolvidas pela organização diretamente ligadas ao comércio ou à prestação de serviços.

Conforme Ballou (1993, p. 204) explana, os estoques apresentam um conjunto de objetivos, tais como:

- a) Melhorar o nível de qualidade de um serviço;
- b) Incentivar a economias no processo produtivo;
- c) Permitir a economia de escala nas compras e no transporte por meio da compra ou produção em lotes econômicos, pela flexibilização da produção, pela celeridade e eficácia no atendimento às necessidades.;
- d) Agir como proteção contra aumentos de preços;
- e) Proteger o empreendimento de incertezas e riscos na demanda e no tempo de ressuprimento;
- f) Servir como item de segurança contra contingências;
- g) Assegurar o abastecimento de materiais à empresa em tempo ágil, amortecendo os efeitos de atraso ou demora no fornecimento de materiais.

Dias (2006, p. 4) explana que o estoque se manifesta de fundamental importância haja vista que os processos produtivos e de vendas de uma organização empresa devem operar com um quantitativo mínimo de desníveis e preocupações. Os estoques classificam-se em: matéria prima, produtos acabados e produtos em fabricação.



O controle de estoque monitora o nível de estoque e o capital investido envolvido no processo. O estoque está intrinsecamente ligado às atividades financeiras das empresas, cujos fluxos de entrada e saída aumentam a liquidez e o retorno econômico.

2.1.1 Tipologia de estoque

Seguindo ainda a análise por meio da relação entre capital investido e controle de estoque, Slack, Chambers e Johnston (2012) aborda com clareza que os diferentes tipos de estoque decorrem do desequilíbrio entre a demanda e o fornecimento em distintos pontos dos processos de produção. Apresentam-se a seguir as classificações de estoques utilizadas nas empresas:

- a) Estoque de matéria-prima são os materiais brutos que serão utilizados no processo produtivo, introduzidos a fim de serem preparados e transformados em produto final.
- b) Estoque de produtos em processo são os materiais que se encontram sujeitos a processamento ao longo da produção. Dias (2009) considera produtos em processo como aqueles que obterão novas características ao fim da produção.
- c) Estoque de produto acabados são materiais que já passaram pelos processos de transformação e adquiriram sua configuração final, podendo ser novamente estocados até que sejam expedidos da empresa para a venda. Dias (1993, p. 23) complementa que os estoques, seja de qual tipo for, não podem ser analisados como independentes. Qualquer que for que a decisão tomada sobre um dos tipos de estoque existentes, ela influenciará diretamente os outros tipos.
- d) Estoque de segurança, segundo Ballou (2006) é uma adição ao estoque de produtos acabados com a intenção de prevenir as imprevisibilidades dos suprimentos, da demanda média e dos prazos de entrega em atendimento aos clientes. Por exemplo, se houver uma demanda maior que a esperada, o estoque de segurança supre essa necessidade prevenindo transtornos para a produção e clientes. Viana (2009, p. 150) descreve estoque de segurança como sendo a quantidade mínima capaz de sustentar um maior tempo superior de ressuprimento ou consumo desequilibrado. Com o objetivo de impedir uma possível ruptura no estoque, é capaz de indicar as condições críticas do material armazenado possibilitando que providências sejam tomadas premeditadamente, a exemplo, a ativação de encomendas já em andamento. Martins e Laugeni (2009, p. 262) corroboram ao mencionar que os riscos de não atendimento às solicitações de clientes externos e internos podem ser minimizadas quando uma empresa pratica o estoque de



segurança. Nos casos de lote padrão, esse risco ocorre logo após a emissão do pedido de compras. Já nos modelos de intervalos padrão o risco ocorre durante todos os intervalos de pedidos.

- e) Estoque de ciclo é o armazenamento de grandes quantidades, lotes, de produtos. É abastecido de forma cíclica conforme os pedidos de fornecedores.
- f) Estoque operacional refere-se aos materiais que se destinam a garantir uma produção contínua, de utilidade exclusiva do setor de manutenção.
- g) Estoque de transporte ou canal de distribuição compreende o material em trânsito, enquanto transportado de um lugar a outro. A exemplo, considera-se os bens que saem de uma fábrica destinados a um centro de distribuição ou a um cliente (ARNOLD, 1999, p. 269).
- h) Estoque morto é aquele cujos produtos se deterioraram, ficaram ultrapassados ou foram perdidos durante a armazenagem, entre eles mencionam-se os de alto custo e os perecíveis.

Manter estoques, no entanto, exige um alto investimento. O adequado é atender, no momento em que ocorre a demanda para que não haja estoques, porém na prática isso de fato não acontece, o que torna necessário que exista um nível de estoques capaz de amortecer os mercados supridores e consumidores, para que dessa forma, clientes possam ser atendidos satisfatoriamente (VIANA, 2000, p. 116).

Afim de garantir que as operações viabilizem uma rentabilidade maior para o negócio, torna-se vital que as empresas sejam capazes de fazer o acompanhamento e manuseio dos materiais, desde a sua aquisição até a entrega ao consumidor final. Precisam gerir também as informações obtidas no controle de estoque, assegurando a exatidão e confiabilidade destas, e, para tal, contam com algumas ferramentas de gerenciamento.

3. FERRAMENTAS PARA GERENCIAMENTO DE ESTOQUES EFICIENTE

A gestão de estoques pode ser considerada a base de uma cadeia de suprimentos quando se considera todas as atividades de um processo produtivo à luz de uma perspectiva integrada. Uma política de estoque leva em conta quatro aspectos: quando pedir, quanto pedir, quando manter estoques de segurança e quando localizar. Sobre o gerenciamento de estoque Ching (1999, p. 33) menciona que este conceito se originou quando as empresas passaram a compreender a importância da integração dos fluxos de materiais as suas funções de suporte, entre elas, a gestão da armazenagem. A Figura 1 apresenta a amplitude do conceito de gestão



de estoques ao longo de suas etapas.

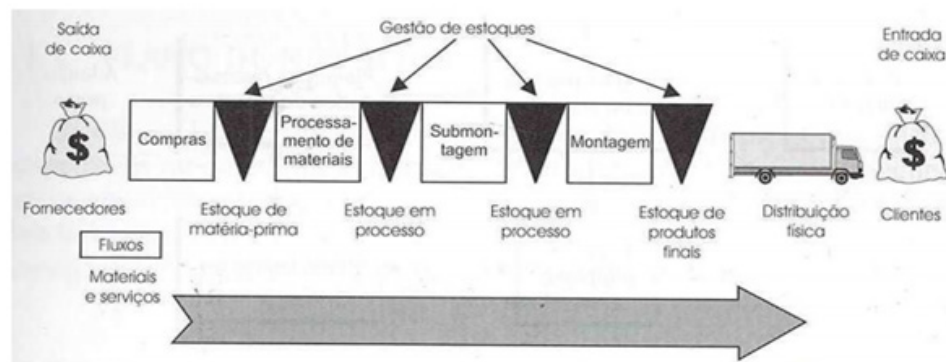


Figura 1: Fluxo de material na gestão de estoques
Fonte: Ballou (2001)

Com o objetivo de tirar maior proveito dos recursos investidos em estoques e, dessa forma, propiciar sua rotação, os gestores podem contar com ferramenta de controle de estoque. Entre as mais utilizadas estão as explanadas neste estudo, o sistema ABC, o Lote Econômico de Compra (LEC) e o Just-in-Time (JIT).

3.1 A Curva ABC

O método ou curva ABC, elaborado por Vilfredo Pareto, na Itália, tem aplicação válida a vários setores que movimentam amplos volumes de dados, assegurando precisão em tomadas de decisão urgentes pela alta gerência. Segundo Pozo (2002, p. 85) esta ferramenta de gestão de estoques pode ser facilmente aplicada e tem sua eficácia revelada na diferenciação dos materiais em estoque considerando o controle, e principalmente, seu custo de armazenamento.

Entende-se que a técnica consiste em classificar e separar os itens em estoque em classes de acordo com sua relativa importância, levando em conta o investimento praticado em cada um deles. Todo estoque apresenta itens de maior relevância para a empresa que outros. Por exemplo, alguns destes podem ter uma taxa de utilização muito alta, de forma que se em determinado momento ficassem em falta, poderiam acarretar descontentamento nos usuários. Outros itens podem ser de alto valor monetário, de modo que manter níveis de estoque em excesso poderia ser inoportuno para a saúde financeira da empresa. Tófoli (2012, p. 120) destaca que a aplicação desta técnica é obtida a partir da classificação dos itens de estoque em três classes, A, B e C:

- a) Classe A: encontram-se aqui os itens de maior valor e importância do processo produtivo, exigem maior investimento, e logo, requerem um controle mais rigoroso, como a permanência dos registros, monitoramento assíduo, etc. Representam aproximadamente 20% do volume total em estoque e a cerca de 80% do investimento;

- b) Classe B: embora relevantes, os itens desta classe exigem menor cuidado no seu controle se comparado ao exercido na classe A. Normalmente o controle dá-se por meio de frequente verificação. Representam cerca de 30% do volume total e aproximadamente 15% do investimento;
- c) Classe C: em maior número, esta classe abriga todos os itens restantes, que não necessitam de um controle tão rigoroso e requerem baixo investimento, e ainda permitem maior quantidade de tempo para sua análise e tomada decisão. Corresponde a 50% volume total em estoque e 5% do investimento.

Dias (2009, p.89) ressalta ainda que:

o estoque e o provisionamento dos itens da classe A devem ser rigorosamente controlados, como o menor estoque de segurança possível. O estoque e a encomenda dos itens da classe C devem ter controles simples e estoque de segurança maior, pois esta política traz pouco ônus ao custo total. Os itens da classe B deverão estar em situação intermediária.

A Figura 2 apresenta a classificação ABC e a relação existente entre o volume em estoque e o quanto isso representa monetariamente. Os valores de percentuais não representam uma regra, são orientativos.

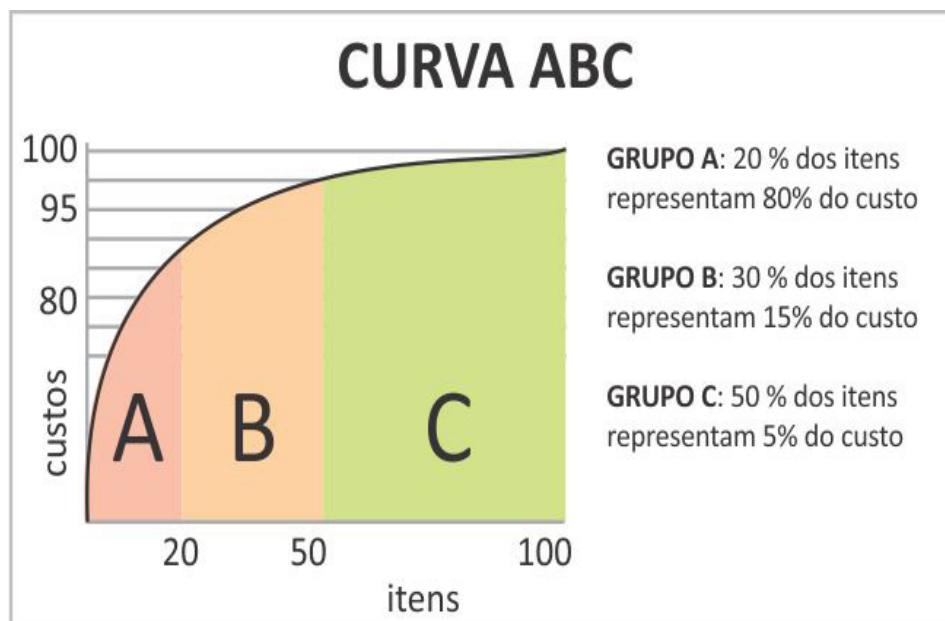


Figura 2 - Curva ABC
Fonte: CCA Express (2016)

Nota-se que o Grupo C apesar de manter a maior quantidade de itens não representa o maior custo de estoque, já o Grupo A, que abriga menor quantidade de itens, deve ganhar maior importância à vista de gestores. Assaf Neto (2002, p. 203) corrobora:

Como consequência, o gerente deve acompanhar de perto, com todo cuidado possível, os produtos A, dando atenção mediana aos produtos B e fazendo um acompanhamento não tão cuidadoso com os produtos C. Assim, a curva

ABC hierarquiza os estoques da empresa, selecionando-os de acordo com o grau de importância do faturamento.

Para a montagem de uma curva ABC e sua respectiva análise Pozo (2008) considera os seguintes aspectos:

- a) Inicialmente é feito o levantamento de todos os itens do problema, a serem resolvidos, o que inclui um grande volume de dados, a exemplo, as quantidades de itens e os respectivos preços unitários e totais;
- b) Em seguida, os itens são dispostos em uma tabela respeitando a ordem decrescente de preços totais, adicionando sua somatória;
- c) O total de cada item é dividido pela somatória total de todos os itens, obtendo um valor em porcentagem a ser inserido nas respectivas colunas;
- d) Após todos os itens das classes A, B e C serem divididos, são agrupados e priorizados de acordo com o tempo disponível para a tomada de decisão.

Na análise dos resultados obtidos na curva ABC, é possível notar o giro dos itens no estoque, o índice de lucratividade e o os percentuais de participação destes no faturamento total da empresa. Os recursos investidos na compra do estoque serão mais precisamente definidos a partir da análise e utilização correta dos dados obtidos na curva ABC. (PINTO, 2002, p. 142).

A classificação ABC, portanto, torna-se importante ferramenta nas mãos de um gestor por permitir a identificação de itens que demandam maior atenção e tratamento quanto à sua gestão. O modelo de priorização da curva facilita a análise do estoque de forma bem específica, proporcionando uma redução interna dos custos, a identificação dos produtos mais rentáveis, a estimação da demanda de recursos e facilita um "mix" de produtos mais abrangente.

3.2 Just in time

Moura (1999, p. 13) define o sistema *Just In Time* (JIT) como uma abordagem capaz de melhorar os níveis de produtividade e qualidade através da eliminação de desperdícios e o respeito as pessoas, uma vez que a ideia central do sistema, é, segundo o autor, produzir com qualidade, na quantidade certa, no tempo e lugar corretos, consumindo o mínimo de recursos possível, entre eles, equipamentos e mão de obra.

Neste conceito, estoque é considerado um desperdício, já que é possível alcançar uma produção de qualidade sem ociosidade ou perdas. Outras expressões destacadas por Corrêa e Corrêa (2006, p. 597) são utilizadas para também traduzir



outros aspectos do conceito de JIT: produção enxuta, zero desperdício, produção de fluxo contínuo, produção sem estoque e busca contínua para resolução de problemas.

Um dos objetivos principais do JIT é exatamente a redução de estoques, haja vista que estes podem camuflar falhas nos processos produtivos ocasionando ineficiência. Padoveze (2004, p. 601) explana que dentro da concepção Just in Time, aquisições deverão ser feitas somente no momento em que forem utilizadas na produção, devendo haver um rápido processamento do produto a ser expedido. Desse modo, não haverá estoque de material, nem de produto em processamento, nem de produto acabado, pois cada fase do ciclo ocorrerá no momento certo. As Figuras 3 e 4 demonstram a diferença existente entre o processo produtivo de um sistema tradicional e o que pratica o JIT.



Figura 3 - Fluxo produtivo num sistema tradicional com geração de estoque
Fonte: Padoveze (2004)

No JIT, adere-se a um sistema conhecido como *make to order* (sob encomenda), onde o cliente realiza o pedido, este é produzido e entregue no tempo e local certos, não sendo mais produzido nem estocado. Desse modo consegue-se reduzir os custos com materiais acabados em estoque, conforme representado na Figura 4.

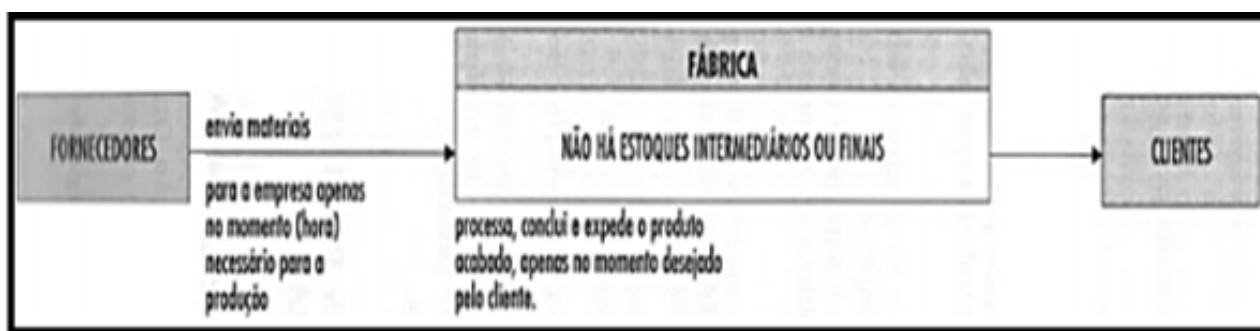


Figura 4 - Modelo de fluxo produtivo ideal praticando *Just in Time*
Fonte: Padoveze (2004)

Dentro do JIT, observa-se também uma técnica chamada de *Kanban*, cujo objetivo é "puxar a produção". No idioma de origem da palavra, o japonês, *Kanban* significa "marcador", que remete a "cartão", artifício utilizado para controlar as ordens de trabalho em processo contínuo. Segundo Correa, Giansesi e Caon (2010, p.378) o cartão serve para coordenar a produção baseando-se nas demandas de produtos finais.

Moura (1999, p. 27) utiliza a seguinte definição para Kanban:

Um método que reduz o tempo de espera, diminuindo o estoque, melhorando a produtividade e interligando todas as operações em um fluxo uniforme e ininterrupto. O principal objetivo: Conversão de matéria-prima em produtos acabados, com tempos de espera iguais aos tempos de processamento, eliminando todo o tempo em fila do material e todo o estoque ocioso.

O objetivo do Kanban é apontar a necessidade de mais materiais assegurando que os itens sejam produzidos no tempo certo, sendo que a reposição de um item só será liberada conforme a demanda.

O JIT promove uma significativa redução no lead time e no custo final dos produtos, considerando que os gastos com mão de obra, materiais e equipamentos também são menores. A exemplo, convém ressaltar os casos de itens de fabricação que sofrem rápido deterioramento, e quando produzidos em larga escala de uma só vez podem representar grandes prejuízos, o que pode ser evitado adotando a prática do *Just in Time*. A empresa tem sua capacidade competitiva ampliada visto que fatores como velocidade, preço final e qualidade sofrem efeitos significativamente positivos com o JIT.

3.3 Lote econômico de compra (LEC)

O Lote econômico de compra (LEC) apresenta o equilíbrio econômico existente entre a manutenção de estoque (custo de posse) e o custo de aquisição (compra do material), estabelecendo a quantidade certa a ser adquirida a fim de minimizar os custos com estocagem e compra de produtos. Viana (2000, p.158) corrobora mencionando que “o lote econômico para compra representa a quantidade de material, de tal forma que os custos de obtenção e de manutenção sejam mínimos. ”

É considerada a ferramenta mais comum dos processos de tomada de decisão no que se refere a quantidade a ser adquirida para garantir o reabastecimento de um produto em estoque. É um procedimento na qual a empresa avalia a quantidade de material necessário a ser adquirido pelo menor custo. Tófoli (2012, p. 120) afirma ainda que nesta técnica, além dos custos de compra e/ou produção, outros custos são essenciais: o custo de adquirir estoques, o custo de mantê-los e o custo total de estoques.

O objetivo do LEC na concepção de Bertaglia (2009, p. 348) “é minimizar os custos logísticos como um todo, buscando cada vez mais o equilíbrio nas vantagens e desvantagens de se manter os estoques. ”

Neste modelo, uma ordem é disparada assim que o nível de determinado estoque chega ao Ponto de Ressuprimento, ou seja, torna-se necessário o acompanhamento contínuo das quantidades em estoque, o que exige uma maior quantidade de esforço e recursos para o seu gerenciamento. Segundo Pozo (2002, p. 156) para

analisar todos os custos envolvidos, o LEC é calculado conforme a fórmula apresentada na Figura 5, que relaciona a taxa de uso ou demanda, alterações de preço e os custos internos com estocagem.

$$\text{LEC} = \sqrt{\frac{(2 \times \text{quantidade anual de uso} \times \text{custo de pedido})}{\text{custo unitário} \times \text{custo de estocagem}}}$$

Figura 5: Fórmula para cálculo do LEC
Fonte: Pozo (2002, p 156)

Quando aplicada de forma correta, a fórmula base do LEC proporciona estoques menores, redução no número de pedidos, e a manutenção nos níveis de serviços visto que a estratégia determina a quantidade que deve ser mantida em estoque e enquanto tempo será necessário realizar uma nova ordem de compra.

4. TECNOLOGIA, INFORMAÇÃO E GESTÃO DE ESTOQUES

A tecnologia da informação vem ganhando alta relevância para as empresas como fator decisivo no que tange ao alcance do sucesso. Mesmo em cenários de grande instabilidade econômica, social e/ou política, é uma ferramenta que propicia competitividade e destaque, considerando o ganho de agilidade e praticidade quando associa-se tecnologia à gestão de estoques.

Batista (2004, p. 59), define que Tecnologia da Informação é todo e qualquer dispositivo que realize o tratamento de dados e/ou informações, sistemática ou esporadicamente, independentemente da maneira como é empregada.

Bowersox e Closs (2001) discorrem que:

Nas décadas de 1960 e 1970 houve uma ênfase na utilização de novas tecnologias nos depósitos que proporcionaram novos e melhores procedimentos e técnicas de armazenagem e manuseio. Na década de 1980, os esforços concentraram-se em tecnologias de manuseio e de aperfeiçoamento da configuração de sistemas de armazenagem. Já a partir da década de 1990, a atenção aos depósitos tem-se concentrado em flexibilidade e no uso da tecnologia de informação (TI). Flexibilidade para atender às expectativas do mercado frente às crescentes exigências dos clientes quanto a produtos e características de entrega, e TI para possibilitar aos operadores dos depósitos capacidade de respostas rápidas às mudanças.

A partir da década de 60, a tecnologia de informação progride significativamente, com aplicativos de software e hardware na área de produção apresentando um gradativo aumento na capacidade de armazenar e processar informações. Capacidade esta que buscou atingir as empresas em sua totalidade, e não apenas em setores específicos, facilitando o fluxo de informações e tomadas de decisão.



A tecnologia agregada a gestão de estoques movimentada um grande volume de informações que conforme Oliveira (1999, p. 36), permite ao executivo tomar decisões". A utilização de tecnologias e sistemas de informação se tornou um coeficiente essencial para o sucesso dos negócios. Laudon (2004, p. 4) cita que um sistema de informação é um complexo de componentes interrelacionados que, coletam, processam, armazenam e distribuem informações interpretadas propiciando um controle mais eficaz da empresa auxiliando os processos de tomada de decisão da gerência.

O'Brien (2004 p.6) define sistemas de informação com "um conjunto organizado de pessoas, hardware, software, rede de comunicação e recursos de dados que coleta, transforma e dissemina informações em uma organização". Sendo assim o sistema é alimentado com dados, como entrada, sendo processados e resultando em produtos, como saída.

Investimento em tecnologia da informação é fator inerente a qualquer organização que visa manter excelência no atendimento ao cliente, nas operações, nas estratégias de produto e no marketing de distribuição. Gradativamente, as empresas tem demandado controles mais rigorosos de suas atividades, com informações completas, ágeis e precisas. Neste caso, um sistema de informação pode ser a solução ideal para estas necessidades.

Batista (2004) aborda o tema sistemas de informações do ponto de vista de que deve-se considerar além de software e hardware, visto que um sistema abrange mais que tecnologia, engloba práticas e processos organizacionais, e geração e intercâmbio de dados, o pessoal envolvido na geração destes dados e na utilização das informações.

Por trás da crescente utilização de sistemas de informação está uma mudança na visão estratégica das organizações. Hoje são considerados recursos tão importantes quanto o capital e o trabalho pois incidem diretamente sobre a forma como gestores decidem, planejam e em grande parte dos casos quais produtos devem ser produzidos. A estratégia organizacional embasada na informação demanda interação, alinhamento, coerência e acoplamento, e deve estar em sinergia com a tecnologia da informação. Segundo Bowersox e Closs (2011, p.39) a informação obtida a partir dos sistemas deve assegurar a apuração da eficiência e dos resultados dos processos operacionais da empresa sua totalidade. O autor corrobora:

A tecnologia atual é capaz de atender aos mais exigentes requisitos de informação. Se desejado, a informação pode ser obtida em tempo real. Os executivos estão aprendendo a utilizar essa tecnologia de informação para elaborar soluções logísticas únicas e inovadoras. (BOWERSOX; CLOSS 2011, p.39)

Por esse motivo, tais sistemas precisam ser flexíveis e apresentar uma assis-têmica frequência de processamento.

A utilização de sistemas de informação (SI) estende-se ao controle de estoques.



Conforme O'Brien, (2004, p. 6), os sistemas de controles de estoques, executam o processamento de dados, refletindo as mudanças nos itens em estoque. Após os dados sobre os pedidos dos clientes serem recebidos no sistema de processamento de pedidos, o sistema de controle de estoque aponta as mudanças nos níveis de estoque e, fornece os documentos de expedição. A partir dos dados processados e a informatização do sistema, este pode fornecer, a quem interessar, o posicionamento dos materiais que deverão ser adquiridos pela empresa, assegurando alta qualidade atendimento ao cliente, e, ao mesmo tempo, reduzindo o investimento e os custos de manutenção dos estoques.

Ainda segundo o autor, os SI podem ser entendidos como "um conjunto organizado de pessoas, hardware, software, redes de comunicações e recursos de dados que coleta, transforma e dissemina informações em uma organização", cujo propósito é oferecer suporte aos processos organizacionais (O'BRIEN, 2006, p. 6).

A implementação de tecnologia em qualquer nível, ou processo dentro da organização, tem por finalidade adquirir informações com qualidade, em tempo ágil e alinhadas com toda a estrutura organizacional, a fim de facilitar os processos decisórios dos gestores. Além disso os recursos tecnológicos empregados podem aprimorar os fluxos de informações de modo a destacar uma empresa no mercado, tratando-os como uma ferramenta competitiva (PACHECO; AGUIAR; TORRES, 2013).

Merecem destaque alguns benefícios advindos da correta aplicação desses recursos tecnológicos: informações mais precisas e acessíveis; a redução dos custos de operações; maior facilidade nas tomadas de decisões e ganho de diferencial competitivo em relação à concorrência. Portanto, nota-se que a tecnologia está cada vez mais presente em todos os âmbitos, principalmente dentro das empresas, onde ganha relevância por alavancar os níveis de produtividade.

Viana (2002, p.408) destaca que os benefícios obtidos a partir da informatização estimularam as empresas de consultorias do ramo a criarem e oferecerem uma gama de softwares de gerenciamento de estoque adaptáveis empresas de todo porte, sendo altamente exequíveis. Consideram-se a seguir dois desses tipos de tecnologia da informação oferecidos às organizações para o auxílio no gerenciamento de estoques.

4.1 VMI - Vendor Managed Inventory

É um sistema na qual a administração do estoque é feita pelo fornecedor, atua em conjunto com um Sistema Eletrônico de Dados o que confere ainda mais confiabilidade pois permite ao fornecedor o acesso aos dados do estoque do cliente. O fornecedor acompanha os níveis de estoque e consegue identificar a necessidade de produto e reabastecer o cliente com a quantidade exata e no momento certo,



devido a troca de informações em tempo real, conforme representado na Figura 6.

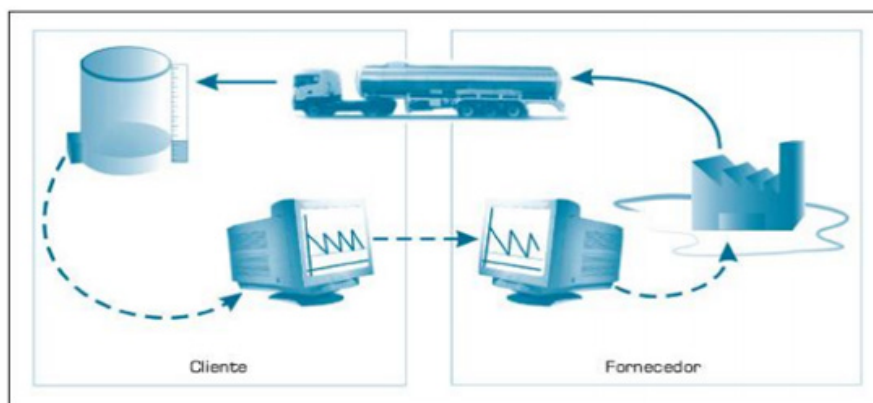


Figura 6 - VMI de produtos e armazenamento em tanque
Fonte: Vernalha; Pires (2005)

A Figura 6 mostra um tanque em que foi instalado um sensor de nível de líquido, e quando alguma alteração no nível do líquido armazenado no tanque ocorre, as informações são enviadas para o computador do fornecedor, tudo em tempo real, tendo assim o controle de quanto será necessário o reabastecimento. (VERNALHA; PIRES, 2005)

4.2 Código de barras

O rastreamento dos produtos recebidos em um depósito o controle de vendas são aplicações típicas de estoques organizacionais. Antigamente, este controle era realizado de forma manual, através de procedimentos feitos em papel, nos quais as empresas relacionavam grandes quantidades de dados e informações. Era uma atividade altamente desgastante, demorada e com probabilidade alta de erros. A automação dos processos nas empresas e a busca por tecnologias que auxiliam a gestão de itens de forma que os registros sejam introduzidos e identificados de forma automática, favoreceram a criação do conhecido código de barras.

Os códigos de barras são utilizados para representar uma numeração viabilizando um mecanismo de identificação que facilita a captura automática de dados através de leitores (scanners) e coletores de códigos de barras (GS1 Brasil, 2014). Destacam-se as vantagens das etiquetas de códigos de barras utilizadas em sistemas de gerenciamento de estoques, entre elas, a velocidade com que o código numérico pode ser facilmente identificado e lido, a acuracidade das informações, a facilidade de implementação da ferramenta, e o custo-benefício considerando a economia de tempo e a redução de erros. O uso desta tecnologia nas empresas faz com que os registros sejam precisos e rápidos o que garante produtividade, qualidade e redução de custos.

4.3 Warehouse Management System (WMS)

O WMS é um sistema de gestão de estoque que auxilia as atividades operacionais dentro de armazéns efetuando o fluxo de informações gerenciais e materiais nos processos de estocagem, abrangendo atividades como: recebimento, inspeção, endereçamento, armazenamento, controle de inventário, movimentação de materiais, emissão de relatórios e por fim, expedição.

Segundo Sucupira (2003) entre as principais funções desse sistema estão a comunicação ativa entre clientes e fornecedores, a rastreabilidade das operações, o planejamento e controle da capacidade do estoque, e os inventários cíclicos e gerais.

Banzato (1998) comenta acerca dos objetivos do WMS:

Um sistema de WMS busca agilizar o fluxo de informações dentro de uma instalação de armazenagem, melhorando sua operacionalidade e promovendo a otimização do processo. Isto é feito pelo gerenciamento eficiente de informação e recursos, permitindo à empresa tirar o máximo proveito dessa atividade. O WMS deve se integrar aos sistemas de gestão de informações corporativos (ERP), e desta maneira contribuir para a integração da sistematização e automação dos processos na empresa

Entende-se portanto que o WMS tem por finalidade otimizar os espaços de armazenagem, garantindo a rapidez na localização e movimentação dos materiais. Os benefícios da correta utilização desse sistema são citados por Franklin (2013), tais como: precisão no inventario, redução de erros, aumento dos níveis de produtividade, controle e gerenciamento mais eficiente da mão de obra, e redução do uso de papel.

5. CONCLUSÃO

Com a acirrada disputa existente entre as organizações comerciais, foi possível compreender que as empresas que assumem e entendem a importância de um planejamento eficaz alinhado aos objetivos estratégicos tem mais chances de se sobressair diante da concorrência. Inovar eleva a credibilidade da empresa provisionando maior satisfação aos clientes internos e externos.

Manter um estoque adequado não é tarefa simples e requer demasiada atenção por parte de gestores, pois o gerenciamento ocorre desde o armazenamento dos itens por categorias até a quantidade exata de volumes estocados de cada produto. A ausência do controle do estoque pode causar uma série de transtornos, desde a perda de clientes até a redução nas vendas, podendo culminar até mesmo no fechamento da empresa.



São perceptíveis as mudanças significativas na área organizacional, considerando que os avanços da tecnologia e a modernidade ganham espaço na realização de tarefas anteriormente executadas, por pessoas, onde se encontrava uma margem alta de erros que comprometia a produtividade. Com o advento da tecnologia de informação essa margem de erro tornou-se quase inexistente, acelerando a produção, garantindo a qualidade e vantagem competitiva para as empresas.

Esta pesquisa mostrou que a tecnologia da informação pode trazer vários benefícios para os processos de tomada de decisão. A utilização da Tecnologia da Informação na gestão de estoques propicia vantagens e destaque, diferenciando assim das empresas que não utilizam desses sistemas, talvez pelo fato de não conhecer ou até mesmo pelo fato de não serem flexíveis ao mercado e ao mundo globalizado. A tecnologia da informação molda-se de acordo com a estrutura e os objetivos estratégicos da empresa, seja ela pequena ou de grande porte. Portanto, através desta revisão bibliográfica pode-se concluir que a tecnologia da informação atuando em conjunto com a gestão de estoque constituem uma ferramenta escalável e eficiente, indispensável para o crescimento e desenvolvimento das organizações.

Referências

- ALMEIDA, Marcelo Cavalcanti. **Auditoria: um curso moderno e completo**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2010.
- ARNOLD, J. R. Tony. **Administração de materiais: uma introdução**. São Paulo: Atlas, 1999.
- ASSAF NETO, Alexandre. **Estrutura e análise de balanços: um enfoque econômico-financeiro comércio e serviços, industriais, bancos comerciais e múltiplos**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- BAILY, Peter. et al. **Compras: princípios e administração**. São Paulo: Atlas, 2000.
- BALLOU, R. H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos: planejamento, organização e logística empresarial**. 5. ed. Porto Alegre: Boockman, 2006.
- BANZATO, Eduardo. **Warehouse Management System WMS: sistema de gerenciamento de armazéns**. São Paulo: IMAM, 1998. Disponível em: <<https://www.doccity.com/pt/sistema-de-gerenciamento-de-armazens-warehouse-management-system-wms/4757860/>> Acesso em: 25 out. 2019.
- BATISTA, Emerson de Oliveira. **Sistemas de informação: o uso consciente da tecnologia para o gerenciamento**. São Paulo: Saraiva, 2004.
- BERTAGLIA, Paulo R. **Logística e gerenciamento da cadeia de abastecimento**. São Paulo: Saraiva, 2009.
- BOWERSOX, D. J., CLOSS, D. J. **Logística empresarial: o processo de integração da cadeia de suprimento**. São Paulo: Atlas, 2001.
- BOWERSOX, Donald J.; CLOSS, David J. **Logística empresarial: o processo de integração da cadeia de suprimentos**. São Paulo/SP. Editora Atlas S.A. 1 ed. 2011.
- CHIAVENATO, Idalberto. **Administração de materiais: uma abordagem introdutória**. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.
- CHING, H. Y. **Gestão de estoques na cadeia de logística integrada**. São Paulo: Atlas, 1999.
- CORRÊA, Henrique L., CORRÊA, Carlo A. **Administração de produção e operação: Manufatura e servi-**



ços: uma abordagem estratégica. 2.ed. São Paulo: Atlas, 2006.

CORRÊA, Henrique Luiz, Irineu G. Nogueira GIANESI, e Mauro CAON. **Planejamento, programação e controle da produção** : MRPII/ERP : conceitos, uso e implantação. 5ª Edição. São Paulo: Atlas, 2010.

DIAS, Marco Aurélio P. **Administração de materiais: uma abordagem logística.** 4 ed. São Paulo: Atlas, 1993.

DIAS, Marco Aurélio P. **Administração de Materiais: Princípios, Conceitos e Gestão.** São Paulo: Atlas, 2009.

LAUDON, K. C.; LAUDON, J. P. **Sistemas de informação gerenciais: administrando a empresa digital.** 5. ed. São Paulo: Prentice Hall, 2004.

LAUGENI, Fernando P, MARTINS Petrônio G. **Administração da Produção.** Curitiba: Saraiva, 2009.

GS1 BRASIL. **Associação Brasileira de Automação.** São Paulo. Disponível em: <https://gs1br.org/> Acesso em 20 nov. 2019.

MARTELLI, Leandro Lopez; DANDARO, Fernando. Planejamento e controle de estoque nas organizações. **Revista Gestão Industrial**, v. 11, n.2, p.170 - 175, 2015. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/revistagi/article/view/2733/2172>. Acesso em: 12 Mai. 2019.

MARTINS, Petrônio Garcia; Alt Paulo Renato Campos. **Administração de materiais e Recursos Patrimoniais.** São Paulo: Saraiva, 2000.

MARTINS, P.G, LAUGENI, F. P. **Administração da Produção.** São Paulo: Saraiva, 2005.

MOREIRA, D. A. **Administração da produção e operações.** 2. ed. São Paulo: Thomson, 2002.

MOURA, José A. Marcondes. **Os Frutos da Qualidade.** 3ª ed. São Paulo: Makron Books, 1999.

O'BRIEN, J. A. **Sistemas de informação: e as decisões gerenciais na era da Internet.** 2. ed. São Paulo: Saraiva 2004.

O'BRIEN, James A. **Sistemas de informação e as decisões gerenciais na era da internet.** 2ed. – São Paulo: Saraiva,2006.

OLIVEIRA, Djalma de Pinho Rebouças de. **Sistemas de informações gerenciais: estratégias táticas operacionais.** 6.ed. São Paulo: Atlas, 1999. p. 23 -37.

PACHECO, Ana Gabriela S. de M.; AGUIAR, Emanuela M. de; TORRES, Elvia F. **A aplicabilidade do Sistema de Informação na Gestão de Estoque de Supermercados.** Artigo científico. Piauí, 2013.

PADOVEZE, Clóvis Luis. **Contabilidade gerencial: um enfoque em sistema de informação contábil.** 4ª Edição. São Paulo: Atlas, 2004.

PINTO, Carlos Varela. **Organização e gestão da manutenção.** 2 ed. Lisboa: Edições Monitor, 2002.

POZO, Hamilton. **Administração de recursos Materiais e Patrimoniais.** São Paulo, Atlas, 2002.

SLACK, N.; CHAMBERS, S; JOHNSTON, R. **Administração da Produção.** São Paulo: Atlas, 2012.

SUCUPIRA, C. A de C. **Gestão de estoques e compras no varejo.** 2003.

TÓFOLI, I. **Administração Financeira Empresarial.** Unisaesiano-Lins. São José do Rio Preto: Raízes, 2012.

VERNALHA, H. B; PIRES, S.R.R. **Um modelo de condução do processo de outsourcing e um estudo de caso na indústria de processamento químico,** 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-65132005000200011>Acesso em: 15 nov.2019.

VIANA, João J. **Administração de Materiais: Um Enfoque Prático.** 1ª ed. São Paulo: Atlas, 2000.

VIANA, João José. **Administração de Materiais: um enfoque prático.** São Paulo: Atlas, 2002.

VIANA, José João, **Administração de Materiais: Um Enfoque Prático.** São Paulo, Atlas, 2009.



CAPÍTULO 11

O USO DA GALVANIZAÇÃO A FRIO NAS ARMADURAS DO CONCRETO ARMADO CONTRA OS EFEITOS DA CORROSÃO POR ÍONS CLORETO

THE USE OF COLD GALVANIZATION IN ARMORED CONCRETE
ARMATURES AGAINST THE EFFECTS OF CHLORIDE ION CORROSION

Marcones Mendes de Sa

Renata Medeiros Lobo Muller

Danielle Cristina dos Santos Lisboa

Lucas Nadler Rocha

Claudemir Gomes de Santana

Pedro Lucas Nascimento

Resumo

A possibilidade de aumentar a vida útil das armaduras utilizadas no concreto armado é uma das maiores dificuldades presentes na engenharia. A aplicação da galvanização é algo ainda pouco utilizado no Brasil, e esse tipo de artifício só tem sido empregado em estruturas metálicas. A galvanização a frio, também conhecida como eletrodeposição, consiste em criar uma camada de metal mais nobre a partir da imposição de uma corrente elétrica quando este é imerso em uma solução eletrolítica, que fará com que os íons desse metal se depositem no outro. Para testar a eficiência dessa camada frente à corrosão, será adotado um ensaio de envelhecimento por ciclo de imersão e secagem com o intuito de monitorar as diferenças de potencial resultantes da corrosão. Sendo assim, é possível descobrir a mudança de estado passivo para ativo das armaduras a partir da verificação da perda de massa após o término do ensaio e comparando os seus valores com outros obtidos a partir de experiências anteriores.

Palavras chave: Galvanização, Corrosão, Durabilidade, Íons cloreto

Abstract

The possibility of increasing the useful life of the reinforcements used in reinforced concrete is one of the greatest difficulties present in engineering. The application of galvanizing is still little used in Brazil, and this type of artifice has only been used in metallic structures. Cold galvanizing, also known as electro-deposition, consists of creating a more noble metal layer from the imposition of an electric current when it is immersed in an electrolytic solution, which will cause the ions of that metal to settle in the other. To test the efficiency of this layer against corrosion, an aging test by immersion and drying cycle will be adopted in order to monitor the potential differences resulting from corrosion. Thus, it is possible to discover the change from passive to active state of the reinforcements from the verification of the loss of mass after the end of the test and comparing their values with others obtained from previous experiences.

Key-words: Plating, Corrosion, Durability, Chloride ions



1. INTRODUÇÃO

A conservação dos elementos de concreto armado, está cadenciada ao controle contra os desenvolvimentos dos processos corrosivos das armaduras, e o descaso com esse controle trazem riscos a integridade dos usuários. Tais casos são agravados quando as estruturas se situam na orla marítima onde há concentração da maior parte da população brasileira (GENTIL, 2007).

A utilização de técnicas eletroquímicas na análise do processo corrosivo das armaduras para concreto é disseminada mundialmente, onde tais técnicas não permitem tão somente uma avaliação da cinética instantânea na corrosão (intensidade de corrosão), como da mesma foram um parecer das reações parciais e suas variáveis relativas aos integrantes no fenômeno global (TORRES, 2011). As técnicas eletroquímicas estão entre as mais empregadas para constatação e avaliação de corrosão, sendo estas aplicadas tanto em campo como no laboratório.

Dentro deste cenário destaca-se o potencial de corrosão que se trata do monitoramento das variações bruscas desse potencial, obtidos do processo eletroquímico de corrosão. Tal monitoramento se tratando de armaduras permite descobrir os balanços entre as reações catódicas e anódicas, entretanto, não consegue definir de forma quantitativa informações tais como, velocidade real da corrosão (FREIRE, 2005, DUTRA, 1999).

O método de potenciais de corrosão traduz-se em avaliar a variação de potencial entre um eletrodo de trabalho por exemplo os vergalhões das armaduras e um eletrodo padrão como referência por exemplo: o eletrodo de calomelano saturado, prata-cloreto de prata e cobre- sulfato de cobre e através do uso de um voltímetro de alta impedância de entrada. Neste método os resultados se apresentam na forma de linhas equipotenciais atuando sobre a estrutura de concreto, sendo esse procedimento conhecido como mapeamento de potenciais (TORRES, 2011).

Este trabalho buscou avaliar o uso da galvanização a frio de zinco de forma a garantir uma maior contribuição na vida útil das armaduras de concreto armado. Onde através de ensaios de corrosão acelerada, os corpos de prova foram monitorados através da avaliação do potencial de corrosão, e ao fim dos ensaios foram confirmados a taxa de corrosão através do cálculo de perda de massa.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Segundo Helene (1993), o termo corrosão é definido como sendo uma relação destrutiva do meio ambiente com o material, sendo ela por efeito de ação química, eletroquímica, física, ou a combinação de todas estas. Já Dutra (1999), tem com



definição deste termo, simplesmente como deterioração dos material pela atuação do meio.

Segundo Gentil (2003), onde especifica a corrosão como sendo a degradação de um material, em sua maioria, por efeito eletroquímico ou químico do meio ambiente, incorporada ou não a aplicação de esforços mecânicos. Para Huerta (1997), estabelece a corrosão como sendo a reação química ou eletroquímica em um metal e a relação do mesmo com o ambiente que o envolve e a degradação de suas características.

A corrosão das armaduras como sendo um processo eletroquímico onde se tem como efeito a degradação do aço, lhe causando perda de funcionalidade. Para Ouglova et al (2006), a deterioração das armaduras por ação de íons cloretos se trata de um sério problema tanto de cunho econômico como em relação à segurança.

Dentro deste cenário destaca-se o potencial de corrosão que se trata do monitoramento das variações bruscas desse potencial, obtidos do processo eletroquímico de corrosão. Tal monitoramento se tratando de armaduras, permite descobrir os balanços entre as reações catódicas e anódicas, entretanto, não consegue definir de forma quantitativa informações tais como, velocidade real da corrosão (FREIRE, 2005).

O potencial de corrosão admite o mapeamento das áreas, onde se tem o processo de corrosão iniciado (YEOMANS, 2004). A norma americana ASTM C-876 (1991) ("Standard Test Method Half-Cell Potentials of Uncoated Reinforcing Steel in Concrete") fornece valores de referência onde se tem noção do estado da corrosão. A norma fornece dados de referência conforme o tipo de eletrodo usado. Segundo Cedrim (2016), em ensaios realizados relata que adoção eletrodo de calomelano saturado e conforme dados da norma da Tabela 1 possui uma probabilidade de 10% de ocorrência de corrosão estando em um estado passivo ($E_{corr} > -0,124V$), uma faixa intermediária ($-0,124V > E_{corr} > -0,247V$) e uma grande faixa de probabilidade de corrosão ($E_{corr} > -0,247V$).

Eletrodos	Probabilidade de ocorrer corrosão de acordo com o potencial		
	< 10%	10% - 90%	> 90%
SHE*	> 0,118V	0,118V a -0,032V	< -0,032V
Cu/CuSO ₄ ,Cu ²⁺	> -0,200V	-0,200V a -0,350V	< -0,350V
Hg,Hg ₂ Cl ₂ /KCl**	> -0,124V	-0,124V a -0,272V	< -0,274V
Ag,AgCl/KCl (1M)	> -0,104V	-0,104V a -0,254V	< -0,254V

Tabela 1- Probabilidade de corrosão em função do potencial de corrosão
Fonte: Rocha (2012)



A norma fornece dados quando se trata de armaduras sem revestimento. A interpretação dos dados dos ensaios eletroquímicos constará uma mudança de potencial, devido à presença de zinco no aço. Destaca-se dessa forma a importância de saber como interpretar os valores do eletrodo de referência fornecidos pela norma ASTM C-876 (YEOMANS, 2004). O aço galvanizado com zinco tem seu potencial de corrosão reduzido, em relação ao eletrodo de calomelano saturado, e sua indicação de alta probabilidade de corrosão fica abaixo dos -1,043V e a sua passivação fica evidenciada em valores acima -0,650V (SHERINE et al, 2011). Diante disso os valores adotados como critérios para compreender os resultados dos potenciais de corrosão nas barras revestidas com zinco.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

A extração dos dados deu-se através de bibliografias relevante ao tema proposto. Houve ainda uma busca de dados através de experimentação através de testes quantitativos em que foram coletados dados em relação a agressividade do ambiente de forma acelerada através de ciclos de imersão e secagem. Utilizou-se os ensaios de granulometria de agregados (grauído e miúdo), massa específica dos agregados, absorção capilar, perda de massa, potencial de corrosão pelo eletrodo de calomelano saturado.

Para a caracterização dos materiais fez o uso do cimento CP II Z-40RS da marca Bravo. Fez-se uso de barras de aço CA-50 de bitola de $\varnothing 6,3\text{mm}$. Para composição da solução eletrolítica foram utilizadas para eletrodeposição do zinco as substâncias de cloreto de potássio (KCl), cloreto de zinco (ZnCl_2), ácido bórico (H_3BO_2) e Glicerol ($\text{CH}_5(\text{OH})_3$) todas soluções foram adquiridas prontas para uso.

A caracterização da matéria-prima para o concreto fora estabelecida de acordo com ABNT NBR NM 248:2003 assim como dimensão máxima característica e o módulo de finura. A massa específica do agregado miúdo foi apurada segundo ABNT NBR NM 52:2009. Para determinação da granulométrica do agregado grauído foram utilizados 5kg de brita de origem basáltica. Para a determinação do agregado miúdo foi realizado procedimento conforme a ABNT NBR NM 248:2003 onde foram utilizados 1kg de areia onde está se encontrava livre de impurezas.

O traço de concreto nesta pesquisa definiu-se baseado nas pesquisas de MORELLI et al (2012) e ACI (2001), pelo método da ACI2 que tem como base definição de valores obtidos experimentalmente com relação aos agregados grauído/miúdo. Onde chegou-se aos valores do agregado miúdo, que dividindo todos os itens pela massa do cimento obtém-se o traço de 1: 2,3: 2,7: 0,48 (cimento: areia: brita: água). O teor de argamassa ficou definido em 55%.

O concreto empregado na confecção dos corpos de prova foi indicado conforme propriedades de trabalhabilidade (slump test), absorção de água por capilaridade, resistência a compressão axial, porosidade e densidade aparente. A trabalhabilidade do concreto foi analisada conforme método do slump test de acordo com a ABNT NBR NM 67:1998.

Antes do processo de galvanização das barras houve o preparo das barras passando-se por três etapas necessárias antes de receber o revestimento que foram limpeza superficial, desengraxe e decapagem. Começou-se inicialmente com a corte das barras no tamanho de 11cm especificado segundo tamanho da forma do corpo de prova, cuidado esse onde se garantira o cobrimento uniforme em todas as dimensões do corpo de prova. Na próxima etapa com auxílio de uma escova de aço é feita a remoção superficial da ferrugem carepas entre outros detritos da superfícies das barras.



Figura 1- Esquema de delimitação das zonas de exposição das barras
Fonte: Acervo do autor (2018)

Logo após o processo de limpeza das barras para a retirada de detritos dar-se seguimento ao tratamento químico, onde inicia-se o desengraxe eletrolítico das barras cuja a função é a retirada de gorduras e outras sujeiras aderidas a superfície do material, através da reversão da corrente elétrica que pode ser catódica ou anódica. Fazendo uso do ácido muriático (HCl) ou ácido sulfúrico (H_2SO_4) a 10% onde o mesmo trabalha a quente para a obtenção de melhores resultados e sua temperatura de trabalho é em torno de 60°C.

Para o processo de galvanização das barras foi utilizado um banho eletrolítico. Dando-se seguimento foi montado um circuito elétrico para o processo de zincagem onde o mesmo foi ligado a uma fonte elétrica e essa por sua vez a um eletrodo de grafite que se encontra imerso no banho eletrolítico para garantir uma distribuição constante da corrente por meio a solução onde as barras também se encontram imersas. Para monitoramento das correntes foi adicionado um multímetro assim fechando o circuito. Na Figura 2 temos a representação do esquema de delimitação das zonas de exposição das barras.

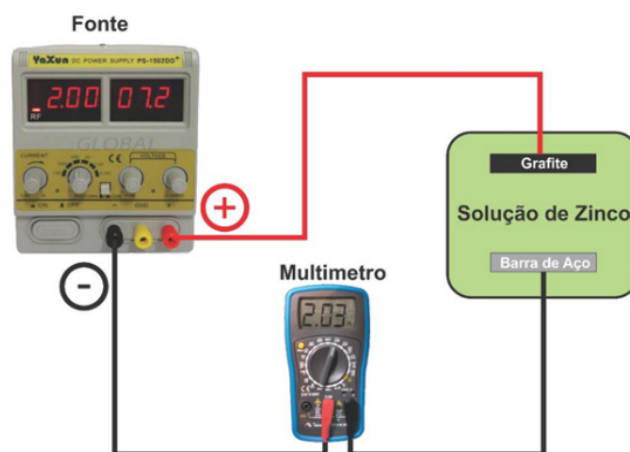


Figura 2- Esquema de delimitação das zonas de exposição das barras
 Fonte: Acervo do autor (2018)

Diferentemente da galvanização a quente que gera camadas espessas de ordem acima de $80\mu\text{m}$ (MORELLI et al, 2012). Segundo a ASTM A767M (2009), informa que revestimentos obtidos a base de eletrodeposição tem espessuras inferiores a $30\mu\text{m}$. Neste trabalho optou-se por um revestimento de espessura de $10\mu\text{m}$, possibilitando a obtenção de resultados comparativos, onde se verifica a eficiência dos revestimentos, mesmo em camadas de espessura pequenas. Fez-se necessário a adoção de uma corrente de 2A e um tempo de deposição de 4 minutos. Pelas micrografias na Figura 3 o revestimento resultante apresenta distribuição uniforme dos íons tendo como resultado uma superfície homogênea.

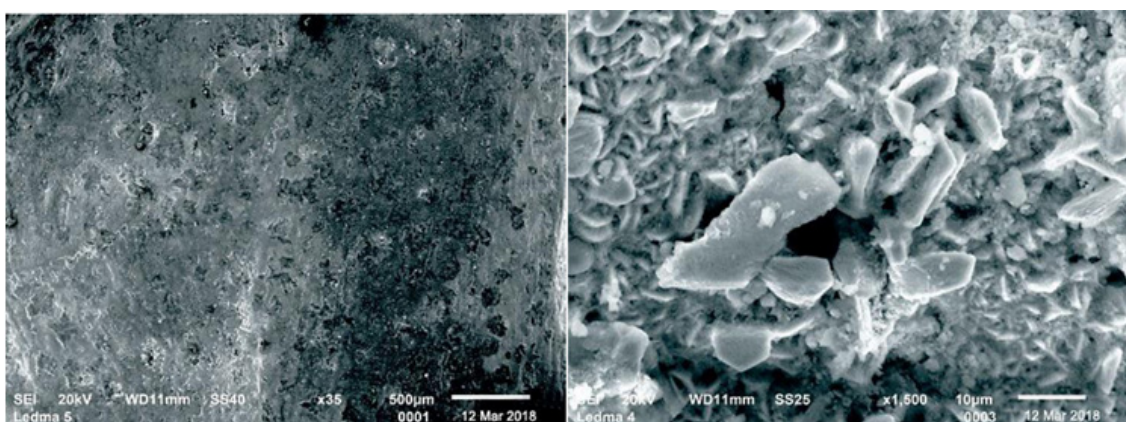


Figura 3- Micrografias com aproximação de 500 m e $10\mu\text{m}$
 Fonte: Acervo do autor (2018)

Para a verificação do potencial de corrosão as barras foram expostas ao ataque químico aos ataques químicos, as barras foram previamente pesadas em balança analítica com precisão de 0,01g. A seguir foi feita a delimitação da área com fita isolante ficando exposta ao ataque de íons cloreto área de cerca de $15,83\text{cm}^2$.

As barras foram acondicionadas de forma que a área que ficara exposta será situada na região central do corpo de prova e cobrimento das armaduras foi garantido com uso de espaçadores circulares de acordo. Foi adotado dois valores de cobrimentos 2,5cm e 3,0cm, sendo para cada cobrimento foram moldados um total de cinco corpos de prova prismáticos de $(50 \times 70 \times 90\text{mm}^2)$, perfazendo um total de vinte corpos de prova entre revestidos e barras padrão. Os corpos de prova foram

desmoldados após 24 horas e enviados a cura submersa. Na Figura 4 temos a disposição da barra no corpo de prova.

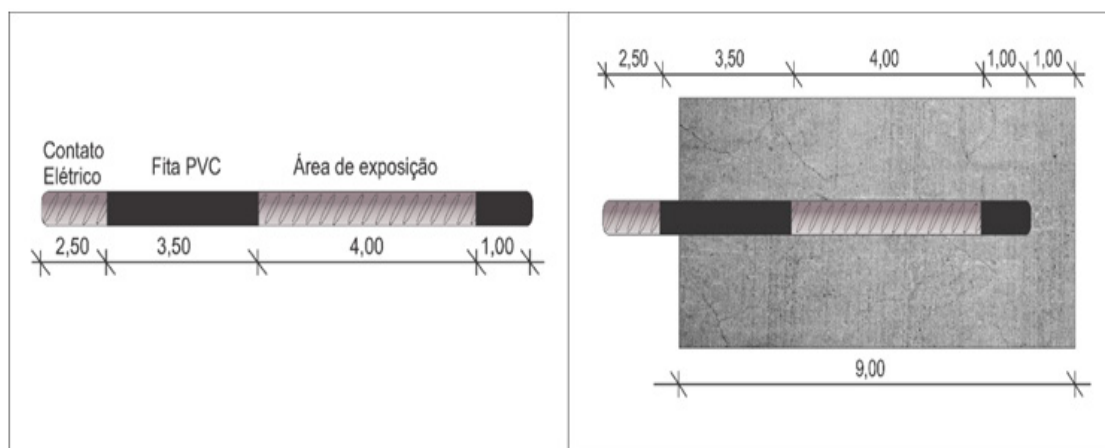


Figura 4- Posicionamento da barra no corpo de prova
Fonte: Adaptado de Santos (2006)

Para verificação dos potenciais a célula eletroquímica empregada, foi composta de eletrodo de trabalho, as barras alojadas no corpo prismático conforme Figura 5 e o eletrodo de calomelano saturado usado como referência.

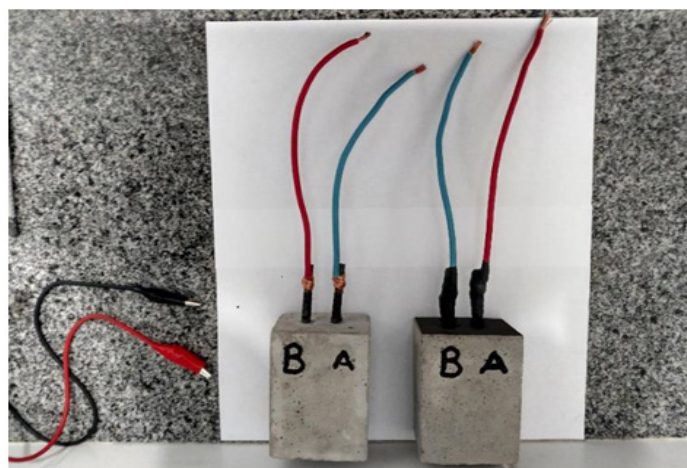


Figura 5- Barras alojadas sendo preparadas para o ensaio de envelhecimento acelerado
Fonte: Acervo do autor (2018)

Dando-se seguimento a medição foi feita a pré-umidificação de uma das faces, através do posicionamento de esponja umedecida em solução condutora pelo tempo de um minuto. De acordo com ASTM C876:1991 a solução é obtida através da adição de 5mL de detergente neutro dissolvidos em um litro de água potável com isso chega-se a uma condutividade de 15 ± 2 mS/cm. Na Figura 6 temos a medição.



Figura 6- Medição de condutibilidade da solução
Fonte: Acervo do autor (2018)

Para dar seguimento as medições de potencial de corrosão realizam-se o posicionamento do eletrodo de referência sobre as barras na região ao centro da área de exposição. O contato é realizado através de uma esponja umedecida conforme Figura 7 entre o corpo de prova e o eletrodo de referência.

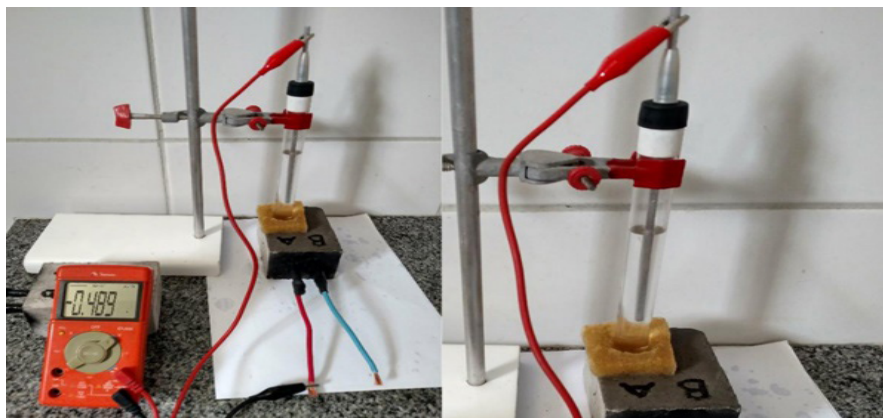


Figura 7- Medição do potencial de corrosão
Fonte: Acervo do autor (2018)

Os corpos de prova foram submetidos ao ensaio de corrosão acelerada. Onde consiste na imersão parcial em ciclos em cloreto de sódio (NaCl) a 3% durante o período de dois dias como apresentado na Figura 8.

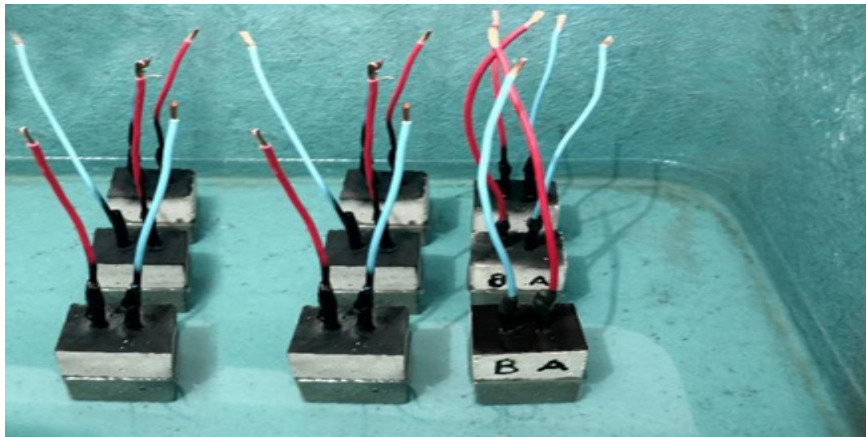


Figura 8- Imersão dos corpos de prova em solução salina cobrimento de 2,5cm
Fonte: Acervo do autor (2018)

Logo após esse período os corpos de prova são encaminhados a estufa a 50°C, durante dois dias para proceder com a secagem dos corpos de prova de prova. Durante cada ciclo a imersão dos corpos de prova em solução de cloreto de sódio, a altura de imersão foi a mantida a metade da área de exposição da barra. A concentração de NaCl antes de cada ciclo era previamente medida e caso necessário o ajuste era feito conforme Figura 9, a cada 8 ciclos a solução é trocada por de mesma concentração.

Durante cada ciclo eram coletados os dados da massa dos corpos de prova, onde a variação da massa faz-se necessário para avaliar o grau de saturação dos poros do concreto e o potencial de corrosão (ECORR), que se trata de um indicativo com relação a condição de passivação da armadura.



Figura 9 - Medição da salinidade
Fonte: Acervo do autor (2018)

Após ser determinada a finalização do ensaio, as barras foram retiradas dos corpos de prova, e conforme a ASTM G1 (2003), limpas e pesadas onde observa-se a perda de massa fazendo o comparativo com o valor verificado antes do ensaio, sendo assim a taxa de corrosão.

4. RESULTADO E DISCUSSÃO

O cimento utilizado nesta pesquisa apresentou massa específica igual a $2,97\text{kg/dm}^3$, área superficial de $0,435\text{m}^2/\text{g}$. O agregado miúdo apresentou o módulo de finura 2,2 sendo enquadrada como areia média estando situada na zona ótima inferior conforme a massa específica da areia teve como resultado $2,58\text{Kg/dm}^3$ e dimensão característica máxima (D_{max}) de 2,4. Para o agregado graúdo a sua massa específica definida em $2,78\text{Kg/dm}^3$ e dimensão característica máxima (D_{max}) igual a 9,5 ficando assim o agregado classificado como brita na faixa de 4,75 – 12,5mm (brita 0).

O concreto utilizado nesta pesquisa foi caracterizado após os 28 dias, onde suas propriedades fundamentais: porosidade, densidade aparentes, trabalhabilidade, resistência a compressão axial e absorção capilar por capilaridade são apresentados conforme Tabela 2.

Propriedades	Resultado	Norma
Abatimento (Slump)	100 mm	NBR NM 67:1998
Porosidade aparente	$(19,24 \pm 0,45) \%$	NBR 9778:2009
Densidade aparente	$(2,20 \pm 0,09) \text{g/cm}^3$	NBR 9778:2009
Absorção de água	$(0,129 \pm 0,019) \text{kg/m}^2$	NBR 9779:2012
Resistência à compressão	$(27,4 \pm 0,72) \text{MPa}$	NBR 5739:2007

Tabela 2- Traço (cimento; areia; brita; água - 1,0: 2,3: 2,7: 0,48)

Fonte: Acervo do autor (2018)

O potencial de corrosão verificado nos vergalhões inseridos nos corpos de prova que foi submetido a análise de corrosão acelerada por ciclos de imersão e secagem. As medições foram realizadas ao final de cada ciclo apresentado-se conforme Figura 10. Durante a execução dos ensaios verificou-se que os valores de potencial apresentam o comportamento conforme percebido por Morelli et al (2012), que constata que as medições executadas ao termino do semiciclo de imersão manifestaram potenciais mais negativos do que as medições do semiciclo de secagem.

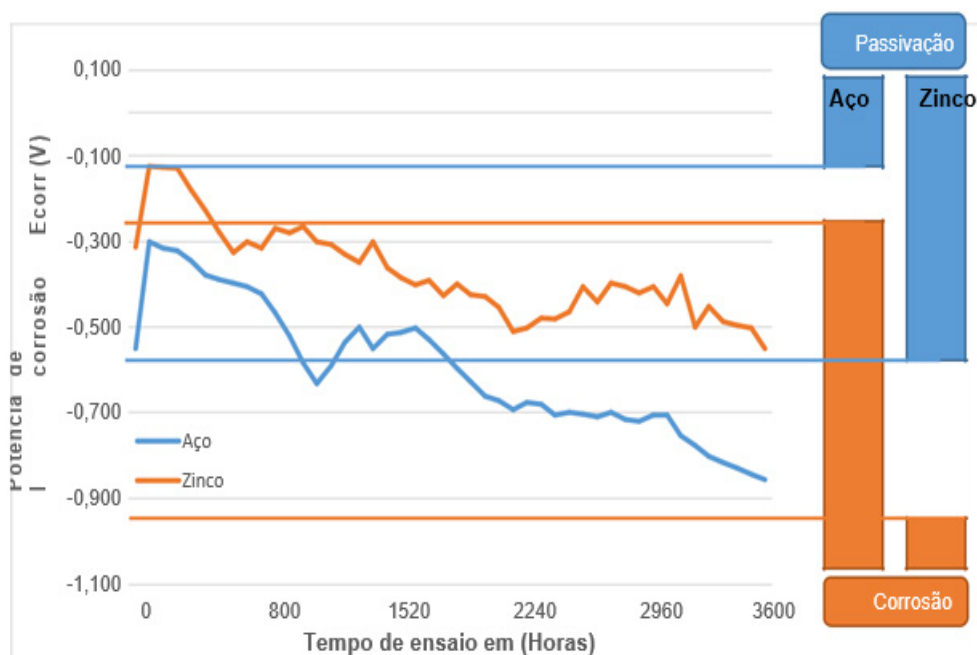


Figura 10 - Evolução dos potenciais de corrosão
 Fonte: Acervo do autor (2018)

Segundo Rocha (2012), relata que o grau de saturação, temperatura e a umidade interferem diretamente nos valores eletroquímicos medidos, e essa interferência acaba sendo majorada, quando se tem contaminação por cloretos. As medidas de potencial se deram devido a uma gama de fatores não são conclusivas por si só, demandando de dados adicionais como resistividade do concreto. Entretanto, as medições fornecem indicações preliminares quanto ao estado de corrosão das barras.

As barras revestidas se mantiveram na faixa de incerteza ($E_{corr} > -1,043V$), enquanto as barras de referência, ou seja (sem revestimento), mostraram potenciais mais eletronegativos que o potencial de alta probabilidade de corrosão ($E_{corr} < -0,274 V$) os valores podem ser percebidos conforme estudos Cedrim *et al* (2015). Esse comportamento demonstra que o grau de proteção das armaduras com relação a despassivação, quando protegidas com revestimento de Zinco por eletrodeposição isso causa um retardo na mudança de estado das barras de passivo para ativo, entretanto por caracterizar-se uma análise de efeito meramente qualitativo não é possível comparar quanto a eficiência da proteção.

As perdas de massa analisadas nos vergalhões ao termino dos ensaios acelerados de corrosão permitem avaliar a taxa de corrosão com base nas condições superficiais e no ensaio do qual foi submetido conforme percebe-se na Figura 11 e verificado em literatura, as barras galvanizadas apresentaram uma menor taxa de corrosão quando em comparação com as barras de referência. Foi identificado que as barras sem tratamento galvânico apresentaram uma taxa de corrosão na casa de (311,9 mm/ano) enquanto as barras galvanizadas com zinco mostraram uma taxa de corrosão de (152,1 mm/ano).

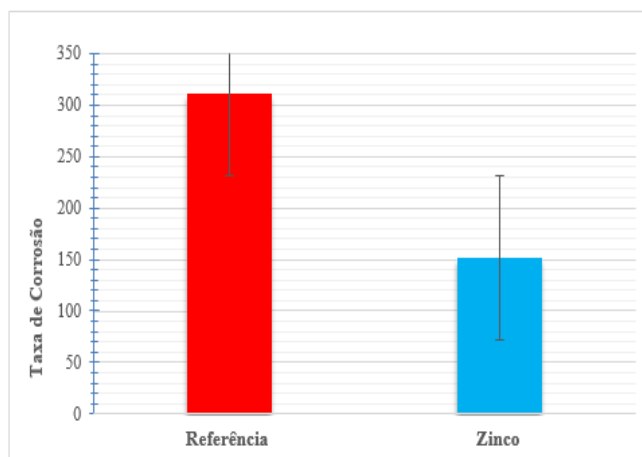


Figura 11 -Taxa de corrosão nos vergalhões de referência e zincados
 Fonte : Acervo do autor (2018)

Na Figura 9 ocorreu uma diminuição de 51,23% na taxa de corrosão, que representa um aumento na durabilidade nas barras zincadas. É importante frisar que a espessura utilizada nos filmes de zinco (10 μ m) pode intervir no desvio dos resultados, visto que ligas usuais de zinco apresentam espessuras na ordem de (100 μ m), e por conta de um revestimento menos espesso resultaria em uma formação mais deficiente na película de oxido de zinco que retarda a corrosão.

Além disso, existe a possibilidade da ocorrência de falhas localizadas, o que favorece o surgimento de diferentes formas de corrosão uniforme, estimado pelo cálculo da taxa. Após desalojadas, limpas e pesadas conforme Figura 12.



Figura 12 - Barras desalojadas dos corpos de prova
 Fonte: Acervo do autor (2018)

Houve a redução de massa de 1,2g para as barras galvanizadas indicando que ocorreu consumo de zinco e para as barras de referência(aço) foi verificado uma redução de 4,9g.

5. CONCLUSÃO

Através das análises qualitativas e resultados experimentais referente a performance do método proposto, os mesmos foram considerados válidos dentro do limite específico do estudo. Logo pode-se relatar as seguintes conclusões.

Com base no ensaio de absorção capilar, foi constatado a relação entre a porosidade do concreto, com a entrada de agentes agressivos e conseqüentemente o surgimento de patologias, bem como a corrosão das armaduras sendo um efeito em cadeia pois a entrada dos agentes agressivos colabora com a cinética das reações de corrosão.

As armaduras sem tratamento galvânico ao saírem do estado passivo para ativo, há uma formação de óxido ferro e este por sua vez provoca tensões de tração no concreto e com isso há formação de fissuras e essas servem de porta de entrada para mais contaminantes. Após essa fase, ocorre os primeiros deslocamentos expondo agregados e armadura e conseqüente perda de seção do elemento estrutural.

Dessa forma, a galvanização a frio gera um revestimento após a deposição de íons sobre o substrato na passagem de uma corrente elétrica através de uma solução eletrolítica. Com isso há formação de um película podendo chegar até (30 μ m) e por ser menos espessa não necessidade raio de dobramento maiores e com uso de aditivos como o glicerol houve uma melhora no refinamento dos grãos conforme visto em literatura, através micrografias foi possível visualizar um revestimento uniforme e sem discontinuidades.

A técnica de monitoramento do potencial de corrosão foi eficiente conseguindo demonstrar a mudança de estados de passivo para o estado ativo das barras, porém o método se limita a um intervalo grande de incerteza, do qual não se consegue precisar níveis intermediários de corrosão como percebido em literatura. As barras sem revestimento houve um perda significativa de massa comprovando que se faz necessário um tipo de proteção adicional as barras e não tão somente o camada de cobertura do concreto que é usualmente utilizado onde se torna dependente da qualidade empregada tanto na seleção da matéria prima (agregados) quando do processo de execução do concreto.

A eletrodeposição é um método eficaz para a proteção de vergalhões na construção civil mostrando- se eficiente e proporcionando uma ampliação na vida útil dos vergalhões. A espessura reduzida utilizada neste trabalho mostrou-se eficaz no trabalho de proteção e pode se notar a existência de uma relação direta com a espessura do revestimento galvânico com o aumento da durabilidade pois quanto menor a espessura mais deficiente é a formação de óxido de zinco, substância que amplia o efeito de proteção do revestimento galvânico, enquanto que o óxido de



zinco atua como um agente de auto-cura para o revestimento.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9778** : Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica. Rio de Janeiro, 2009, 4 pg.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM2 248**: Agregados determinação da composição granulométrica – Procedimento. Rio de Janeiro, 2003, 6pg.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 52** : Agregados miúdo- determinação da massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro, 2009, 6pg.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 67**: Concreto.Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone – Procedimento. Rio de Janeiro, 1998, 8pg.

ASTM G1-03. **Standard Practice for Preparing, Cleaning, and Evaluating Corrosion Test Specimens**, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2003.

ASTM A767M. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS .**Specification for Zinc-Coated (Galvanized) Steel Bars for Concrete Reinforcement**. Philadelphia, 2009.

ASTM C876. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Annual book ofASTM Standards. **Standard test for half-cell potentials of uncoated reinforcing steel in concrete**. ASTM C876, Philadelphia, 1991.

CEDRIM, F et al. **Efeito da eletrodeposição de zinco e da liga zinco-níquel na corrosibilidade das armaduras de concreto armado**. Artigo. UFBA. 2015.

DUTRA, A. C. **Proteção catódica: técnicas de combate à corrosão**. Rio de Janeiro/RJ: Interciência LTDA, 1999

FREIRE, K. R. R. **Avaliação do desempenho de inibidores de corrosão em armaduras de concreto**, Curitiba, Dissertação (mestrado), Universidade Federal do Paraná, 2005.

GENTIL, V. **Corrosão**, Rio de Janeiro: LTC, 5ed, 2007.

HELENE, P. R. L. **Contribuição ao estudo da corrosão em armaduras de concreto armado**. São Paulo, 1993. Tese (Livre Docente), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia Civil.

HUERTA, E. O. **Corrosión y degradación de materiales**. Spain/Madrid: SÍNTESIS, 1997. 366 p.

MORELLI M. R; RIBEIRO D. V.; LABRINCHA J. A.. **Effect of the addition of red mud on the corrosion parameters of reinforced concrete**. Cement and Concrete Research, v. 42, 2012.

OUGLOVA, A., BERTHAUD, Y., FRANÇOIS, M., FOCT, F. **Mechanical properties of iron oxide formed by corrosion in reinforced concrete structures**. Corrosion Science, v. 48, n.12, p.3988-4000. 2006.

PANEK, J.; BIERSKA-PIECH, B.; KAROLUS, M. **The corrosion resistance of zinc-nickel composite coatings**, *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering Katowice*, v.45, n.2, 2011; p.157-162.

ROCHA, F. C. da. **Leituras de potencial de corrosão em estruturas de concreto armado: influência da relação água/ cimento, da temperatura, da contaminação por cloretos, da espessura de cobrimento e do teor de umidade do concreto**, Curitiba, 2012, Dissertação (mestrado), Universidade Federal do Paraná.

SANTOS, L. **Avaliação da resistividade elétrica do concreto como parâmetro para a previsão da iniciação da corrosão induzida por cloretos em estruturas de concreto**, Brasília, 2006, Dissertação (mestrado), Universidade de Brasília.



SHERINE H. B.; RAJAKUMARI C. C.; RAJENDRAN S. **Corrosion behaviour of stainless steel 304 electroplated with zinc followed by blue passivation.** Portugaliae Electrochimica Acta, v.29, n.4, 2011; p.295-305.

TORRES, A. **Corrosão por cloretos em estruturas de concreto armado:** Uma meta-análise. Porto Alegre, 2011, Dissertação (doutorado), Universidade Federal do Rio Grande do Sul. p.38 .

YEOMANS, S. R. (Ed.) **Galvanized Steel Reinforcement in Concrete.** [Camberra]: Elsevier, 2004.cap. 6.p.25



CAPÍTULO 12

JOGO DA MEMÓRIA PARA AUXÍLIO À PESSOAS COM DIFICULDADE DE MEMÓRIA OU ALZHEIMER

MEMORY GAME FOR AIDING PEOPLE WITH MEMORY DIFFICULTIES OR
ALZHEIMER SYNDROME

Vinicius dos Santos Bandoch
Matheus Freire Drulla
Kauam da Silva Costa
Matheus Galeazzi Zequin
Ederson Cichaczewski

Resumo

Este artigo apresenta um trabalho desenvolvido como projeto de aprendizagem baseada em problemas (PBL – *Problem Based Learning*) no quarto período do curso de Engenharia da Computação presencial da UNINTER. Consiste na prototipagem de um dispositivo baseado no jogo Genius, que testa as capacidades cognitivas do jogador, de forma a ser utilizado como opção para auxílio no tratamento de disfunções de memória ou Alzheimer. O sistema desenvolvido é baseado na plataforma Arduino e reproduz a operação do jogo Genius, com modificações que incluem um novo projeto mecânico e um display para exibição de mensagens. Os resultados apresentam testes do protótipo construído indicando a possibilidade de uso do mesmo para o exercício de memorização.

Palavras-Chave: Jogo Genius, memória, sistema embarcado.

Abstract

This paper presents a work developed as a Problem Based Learning (PBL) project in the fourth period of Computer Engineering course at UNINTER College. It consists in a prototype of a device based on the Genius game, which tests the player's cognitive abilities in order to be used as an option for treatment of people with memory disease or Alzheimer's syndrome. The system is based on the Arduino platform and reproduced an operation similar of the game Genius, with the addition of structural modifications and displaying messages in a display. The tests of the constructed prototype showed the possibility of using it for the memorization exercise.

Keywords: Genius game, memory, embedded system.



1. INTRODUÇÃO

O jogo Genius trata-se de um jogo de memória, e esta tem um papel muito importante em nosso dia a dia, mas devido às comodidades e facilidades cada vez mais presentes no cotidiano das pessoas, a memória está sendo cada vez menos utilizada, acarretando uma série de complicações, segundo Teixeira e Machado (1993).

O campo da educação vem investigando os fatores envolvidos no processo de aprendizagem, abrindo espaço para os estudos da Psicologia Cognitiva, que passou a ter grande valia ao apresentar o papel da motivação, do auto monitoramento e da metacognição, entre outros fatores no processo de ensino e aprendizagem (Busnello et al., 2012).

Entre as ferramentas utilizadas no exercício dessas habilidades destaca-se a utilização de jogos interativos que, de acordo com Ramos (2013), podem ser definidos como um “conjunto de jogos variados que trabalham aspectos cognitivos, propondo a intersecção entre conceitos de jogos, diversão e cognição”, podendo ter diferentes formatos, como por exemplo, nos jogos de tabuleiro e jogos eletrônicos. Os jogos podem ser vistos como um elemento binário na cultura do homem, onde em determinadas situações seu lado mal se sobressai, e em outras o destaque vai para os aspectos bons (Abreu, 2019).

Alzheimer é um transtorno neurodegenerativo progressivo e fatal, que se apresenta por meio da deterioração cognitiva e da memória, além de comprometimento progressivo das atividades cotidianas, e sintomas neuropsiquiátricos (alteração de humor). A doença se instala lentamente, se desenvolvendo conforme o passar de anos e é caracterizada por transtornos menores que afetam diretamente as estruturas cerebrais. Quando diagnosticada no início, é possível retardar o seu avanço e ter mais controle sobre os sintomas, garantindo melhor qualidade de vida ao paciente e à família (ABRAZ, 2019). O Alzheimer é uma doença incurável, contudo, um jogo como o Genius pode ser utilizado para auxiliar no tratamento do transtorno, já que a mecânica da atividade é focada na memorização de padrões luminosos e sonoros.

O jogo permite que a pessoa portadora da doença de Alzheimer em estágio inicial treine seu cérebro, podendo desacelerar o processo degenerativo das funções neurais. Güttler & Silva (2015) relataram o uso do jogo Genius em clínicas geriátricas como recurso para o incitamento das habilidades cognitivas em pacientes com diagnóstico de Alzheimer.

Cria-se, junto ao brinquedo, uma interface otimizada de aprendizagem entre hardware e homem. O fator de entretenimento do jogo é o mesmo que gera impacto positivo na contenção do agravamento das deficiências mentais, tanto pelo

desafio que a atividade apresenta quanto pela dificuldade gradativamente maior da mesma, o que incentiva a memorização e respostas rápidas.

O jogo Genius foi desenvolvido pela indústria Hasbro em 1978, e distribuído no Brasil pela empresa Estrela, constituído por uma unidade eletrônica que gera sequências de luzes coloridas que acendem e apagam, além de um pequeno alto-falante que emite sons ao apresentar as cores, e é facilmente encontrado em diversas lojas atualmente para comercialização.

Ao decorrer do jogo, a quantidade de cores que devem ser repetidas aumenta gradativamente, o que eleva o nível de esforço mental necessário por parte dos jogadores para vencer. O Genius original possui três fases distintas, cuja diferença é marcada pela velocidade com que as cores são alteradas. A Figura 1 apresenta o jogo Genius da Estrela.



Figura 1. Jogo Genius da Estrela

Este trabalho consistiu em utilizar a plataforma de sistema embarcado Arduino para reproduzir o brinquedo Genius, utilizando LED's, *jumpers*, *push-buttons* e demais componentes eletrônicos, permitindo a seleção da dificuldade, também um projeto mecânico de diminuição da carcaça do produto original e um display LCD para mostrar mensagens de estado do jogo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Para este projeto foi utilizada a placa de desenvolvimento baseada em Arduino modelo UNO R3, que é responsável por todas as funções e operações lógicas do sistema, tais como a criação de uma sequência luminosa para os LEDs, a seleção de dificuldade e a leitura dos sinais de aperto dos botões.

Uma das mudanças realizadas em relação ao projeto original do jogo foi a utilização de um display de LCD 16x2.

A entrada de dados é feita por meio dos botões, sendo 4 deles ao total: 1 para cada cor de luz (amarelo, vermelho, azul, verde). A seleção da dificuldade é feita por meio de 1 potenciômetro de 10kOhm. A Figura 2 apresenta o diagrama de conexões do projeto eletrônico.

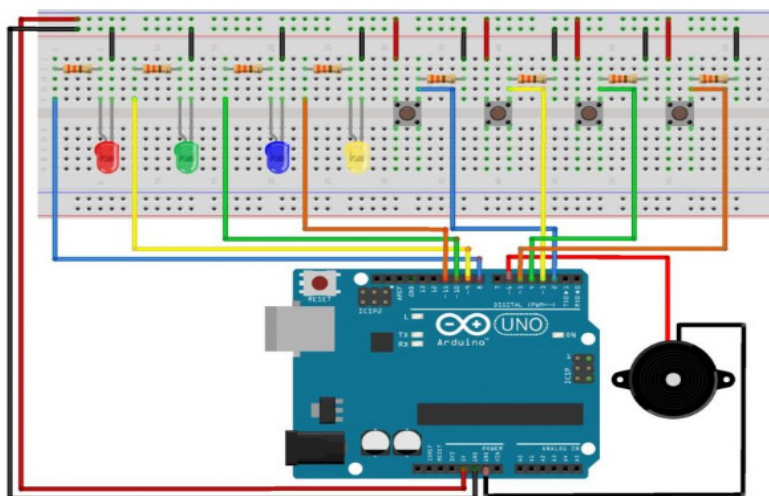


Figura 2. Diagrama de conexões do projeto

Existem dois níveis de dificuldade definidos para esse jogo, sendo eles baixo e alto. Esses níveis são determinados pela leitura do valor do potenciômetro, que é conectado a uma das portas analógicas do microcontrolador, sendo que, valores abaixo de 600Ω configuram a dificuldade baixa, e valores acima de 600Ω configura o nível de dificuldade difícil.

A diferença entre os dois níveis é sinalizada ao jogador pela presença de mais luzes sendo acesas na sequência do jogo, onde, uma sequência de 4 acionamentos sinaliza dificuldade baixa, e uma sequência de 7 acionamentos sinaliza nível de dificuldade alta.

O display LCD imprime mensagens que mostram ao jogador o estado atual do jogo, por exemplo: ao selecionar dificuldade Alta, a mensagem "Dificuldade Alta" é mostrada no display, e a mensagem "Sorteando" é mostrada enquanto a sequência está sendo apresentada ao jogador.

As regras e características de operação para o jogo desenvolvido são baseadas no jogo original Genius. São elas:

- Ganha o jogo ao se repetir corretamente a sequência completa de luzes (7 em Difícil, 4 em Fácil).
- Por meio dos botões pode-se acionar as luzes.
- Cada botão fica abaixo de sua luz correspondente.
- Apertar qualquer um dos botões gera a sequência baseada na dificuldade escolhida.

- O sistema informa a dificuldade selecionada e acende os LEDs de acordo com a sequência previamente sorteada.
- O jogador passa para a sequência seguinte ao acertar a sequência presente, ou seja, acendendo as luzes na mesma ordem que o sistema do jogo emitiu por meio dos botões.
- Caso o jogador não repita a sequência correta o jogo volta ao seu estado inicial, onde qualquer pressionamento de botão gera uma sequência.

Ao repetir a sequência completa corretamente as quatro luzes acendem, e é impressa uma mensagem no display sinalizando o fim de jogo. Após isso, é possível começar um novo ciclo da atividade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 3 apresenta o circuito final montado.

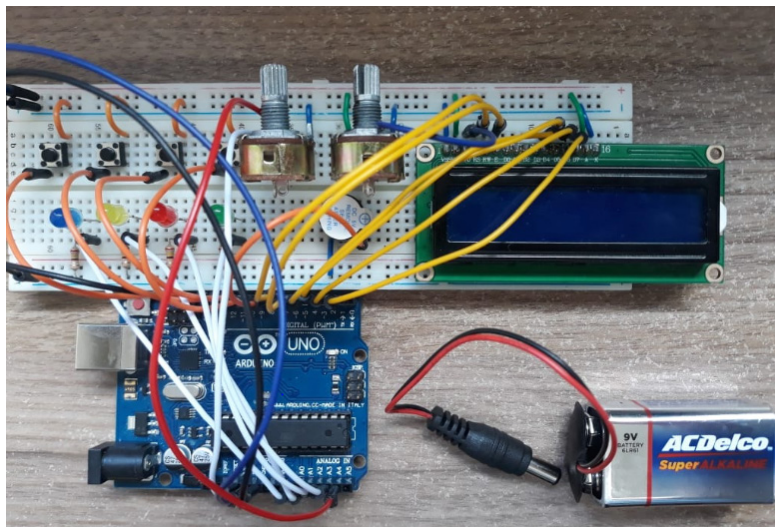


Figura 3. Protótipo do projeto montado

A alimentação do circuito foi adaptada para utilizar baterias de 9V, sendo conectada diretamente no conector de alimentação (entrada P4) do Arduino UNO R3, tornando o sistema portátil.

Para adaptar todo o sistema fisicamente foi desenvolvido um protótipo de carcaça (formato *shell*) utilizando um software CAD, conforme apresentado na Figura 4, para impressão em 3D. Tendo sua utilização para a fixação do Arduino internamente, do display LCD, dos LEDs e chaves, de forma a proporcionar uma ergonomia para sua utilização e um visual de produto ao usuário.

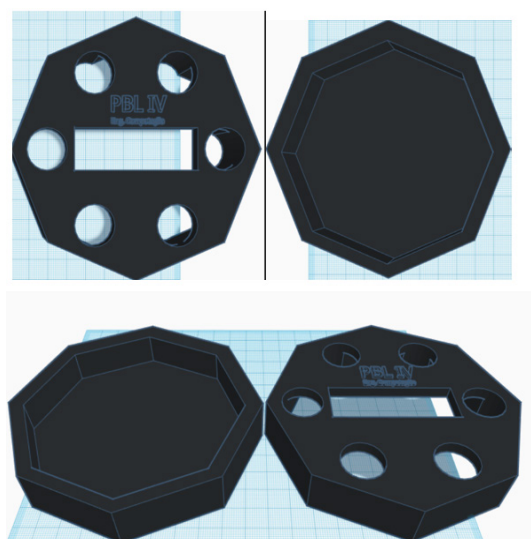


Figura 4. Design 3D do projeto mecânico da carcaça do jogo de memória desenvolvido

Foram realizados testes de usabilidade do jogo desenvolvido com dois alunos voluntários membros da equipe do projeto. Foram avaliadas as diferenças de resultados entre ambos após jogarem 3 ciclos completos do jogo nos 2 níveis de dificuldade disponíveis no sistema, sendo na dificuldade baixa esperado o acerto de uma sequência de 4 luzes e na dificuldade alta o acerto de uma sequência de 7 luzes. Os valores apresentados são as médias aritméticas de acertos por nível de dificuldade. A Figura 5 apresenta o número médio de acertos de 1 a 4 em 3 tentativas dos voluntários para o nível de dificuldade baixa e a Figura 6 o número de acertos em 3 tentativas de 1 a 7 dos voluntários para o nível de dificuldade alta.

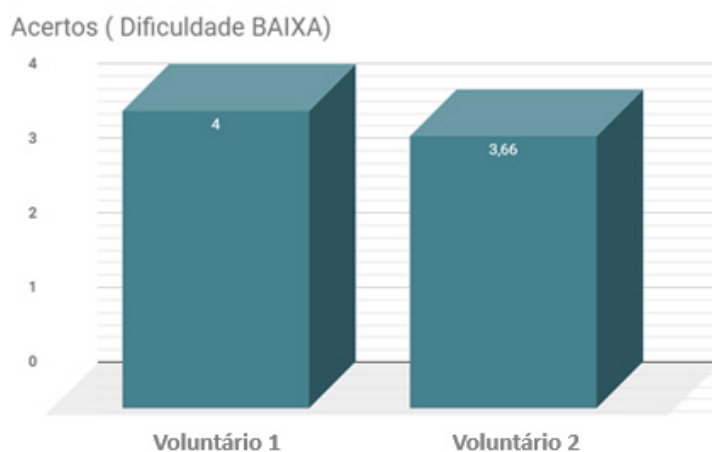


Figura 5. Resultados médios de acertos para 3 tentativas na dificuldade baixa

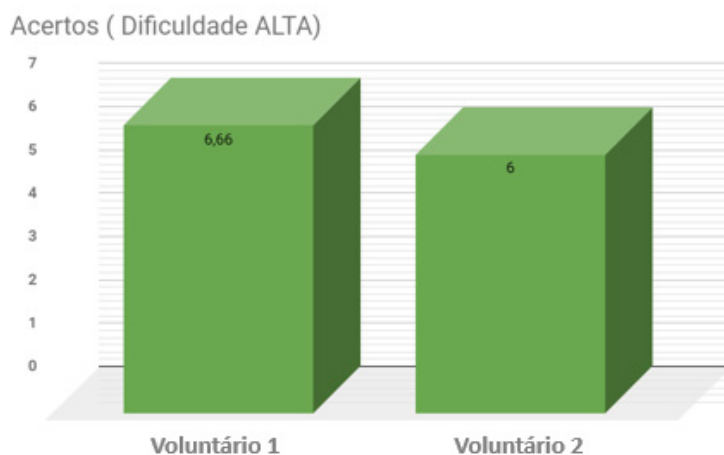


Figura 6. Resultados médios de acertos para 3 tentativas na dificuldade alta

Os testes mostraram que é possível utilizar o jogo de maneira a testar sua memória, os membros voluntários da equipe obtiveram resultados muito próximos, contudo, na dificuldade alta nenhum deles acertou todas as sequências de maneira correta, o que poderia ser possível com a utilização mais frequente do jogo para exercitar a capacidade de memória.

4. CONCLUSÃO

Foi desenvolvido um sistema semelhante ao jogo Genius clássico criado pela Hasbro, incluindo modificações que personalizaram o dispositivo nas suas características mecânicas e também na apresentação de mensagens em display LCD, como proposta para auxílio no tratamento de disfunções de memória e da doença de Alzheimer.

Como melhorias a serem implementadas pode-se inserir um toque sonoro para indicar que o jogador completou toda a sequência corretamente, uma opção para áudio em fone de ouvido e uma memória de recordes para que o usuário possa acompanhar o seu desempenho ao longo do tempo.

Referências

- ABREU, A. Videogame: Um bem ou um Mal. Disponível em: http://andredeabreu.com.br/site_antigo/txt_videogamebemoumal.htm. Acesso em: 20 de abril de 2019.
- BUSNELLO, F. B.; JOU, G. I.; SPERB, T. M. Desenvolvimento de Habilidades Metacognitivas: Capacitação de Professores de Ensino Fundamental. *Psicologia: Reflexão e Crítica*, 25(2), 311-319, 2012.
- GÜTTLER, T.; SILVA, F. P. da. Produto para o Tratamento de Idosos em Estágio Inicial da Doença de Alzheimer. Trabalho de Conclusão de Curso. UFRGS: Porto Alegre, 2015.
- ABRAZ. O que é Alzheimer. Associação Brasileira de Alzheimer. Disponível em: <http://abraz.org.br/web/sobre-alzheimer/o-que-e-alzheimer>. Acesso em: 26 de abril de 2019.

RAMOS, D. K. Jogos cognitivos eletrônicos: contribuições à aprendizagem no contexto escolar. *Ciências & Cognição (UFRJ)*, v. 18, p. 19-32, 2013.

TEIXEIRA, E. A.; MACHADO, A. M. B. *Leitura Dinâmica e Memorização*. Editora Makron. 1993.



AUTORES¹

¹ Currículo vide Lattes / Linkendin

Aluizio Freire da Silva Júnior

Possui graduação em matemática pela Universidade Estadual da Paraíba (2003), mestrado em matemática pela Universidade Federal de Campina Grande (2006) e doutorado em Engenharia de Processos pela Universidade Federal de Campina Grande (2015). É Professor da Universidade Federal de Campina Grande, lotado na Unidade Acadêmica de Física e Matemática. A nível de mestrado tem experiência na área de combinatória, com ênfase em teoria dos grafos e teoria das matróides. Em seu doutoramento produziu pesquisas na área de secagem de produtos agrícolas, onde foram propostas soluções numéricas para a equação de difusão e desenvolvidas ferramentas computacionais tendo em vista descrever a desidratação osmótica e a secagem complementar de fatias de banana. Atualmente é professor permanente do mestrado em ciências naturais e biotecnologia (UFCG), e tem publicado diversos artigos (em revistas importantes na área de engenharia-Qualis A e B) relacionados à transferência de calor e massa em processos de secagem.

Amanda Fernandes Florencio

Escola Técnica Estadual Dr. Celso Giglio, Osasco - São Paulo.

Amanda Kaline Santos Benigno

Graduação em andamento em Matemática pela Universidade Federal de Alagoas, UFAL, Brasil.

Bárbara Marques Lima

Graduanda em Biomedicina pela Universidade Nove de Julho. Técnica em Química pela Escola Técnica Estadual Dr. Celso Giglio (2018).

Célia Maria Rufino Franco

Graduação em Licenciatura em Matemática pela Universidade Estadual da Paraíba (2005), mestrado em Matemática pela Universidade Federal da Paraíba (2007) e Doutorado em Engenharia de Processos pela Universidade Federal de Campina Grande. Atualmente é professora Adjunto III da Universidade Federal de Campina Grande, lotada no Centro de Educação e Saúde (Campus de Cuité). Tem experiência na área de Análise Matemática, com ênfase nas Equações Diferenciais Parciais de Evolução (existência e unicidade de solução) e na área de Matemática Aplicada atuando principalmente nos seguintes temas: Método de Galerkin, Modelagem e Simulação de Secagem de Sólidos, Transferência de Calor e Massa Computacional.



Claudemir Gomes de Santana

Bacharel em Química com Atribuição Tecnológica pela Universidade Federal do Maranhão (1992); Mestre em Ciências, área de concentração em Química Analítica, pela Universidade de São Paulo- IQSC em (2002) e Doutor em Ciências, área de concentração em Química Analítica, pela Universidade de São Paulo - IQSC em (2004). Exerceu a direção da empresa CGS Assessoria Técnica, na área de Consultoria Ambiental, no período de 2007 a 2011. Experiências na docência em Instituição pública (2004-2006) e na Instituição privada (2010-atual). Exerceu função de coordenador de Meio Ambiente, Gestão Territorial e Desenvolvimento Econômico no programa de investimentos do BNDES no Estado do Maranhão no período de 2013 a 2016. Tem experiência na área de Química, com ênfase em Análise de Traços, Química Ambiental e gestão de recursos hídricos, atuando principalmente nos seguintes temas: Resíduos Sólidos, Efluentes Líquidos Industriais e Domésticos, análise físico-química em matrizes ambientais, tecnologia de flotação por ar dissolvido e eletroforese capilar, diagnósticos e controle de emissões atmosféricas e gestão de recursos hídricos. Professor na Unidade de ensino superior do Dom Bosco das disciplinas de Engenharia de Meio Ambiente e Gestão Ambiental, desde 2010.

Danielle Cristina dos Santos Lisboa

Graduação em Engenharia Civil pelo Centro Universitário Unidade de Ensino Superior Dom Bosco, UNDB, Brasil.

David Allisson Vieira Martins

Graduação em Engenharia Mecânica. Faculdade Pítágoras, São Luís, Brasil.

Deborah Thais Alves Magalhães

Graduação em Ciência da Computação. Faculdade Pítágoras, São Luís, Brasil.

Ederson Cichaczewski

Professor presencial e Tutor EaD nos cursos de graduação em Engenharia da Computação, Engenharia Elétrica, Análise e Desenvolvimento e Sistemas e Gestão de Tecnologia de Informação. Possui especialização em Formação Docente para EAD pela UNINTER (2019), MBA em Gerenciamento de Projetos pela ISAE/FGV (2016), mestrado em Engenharia Biomédica pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (2008), graduação em Engenharia da Computação pela Universidade Positivo (2004) e curso Técnico em Eletrônica pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (1999). Tem experiência em instituições de ensino de nível Superior em Engenharia e Tecnologia presencial e EaD nas seguintes disciplinas: Lógica Programável, Eletrônica Digital, Programação Visual, Sistemas Operacionais, Ferramentas de Desenvolvimento WEB, Circuitos Elétricos, Eletrônica Geral, Sensores e Atuadores,



Algoritmos e Programação de Computadores, Informática, também como orientador e membro de banca em Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) e Trabalho Integrador (PBL - Problem/Project Based Learning). Vivência como professor de pós-graduação e extensão, tendo ministrado as disciplinas de Microcontroladores em pós-graduação em Sistemas Embarcados e Manufatura Digital em pós-graduação em Indústria 4.0 e cursos de Eletricidade e de Eletrônica em extensão universitária.

Ewerton Vaz Lima

Graduação em Engenharia Mecânica. Faculdade Pítágoras, São Luís, Brasil.

George Tavares da Silva

Graduação em andamento em Matemática pela Universidade Federal de Alagoas, UFAL, Brasil. Bolsista do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID), de 2017 à 2018. Monitor na disciplina de Geometria Analítica no Instituto de Matemática (2018-2020).

Isaac Ferreira de Lima

Graduação em Matemática. Universidade Federal de Campina Grande, UFCG, Brasil.

Isabela Vicente

Escola Técnica Estadual Dr. Celso Giglio, Osasco - São Paulo.

Ivo Dantas de Araújo

Graduação em Matemática. Universidade Federal de Campina Grande, UFCG, Brasil.

Jaciara Mendonça Mariano

Cursando MBA em Logística, Supply Chain e Transportes. Graduada em Engenharia de Produção pela Faculdade Pitágoras (2019) e em Ciências Contábeis pela Faculdade Atenas Maranhense (2007).

Jorge Luis Costa

Escola Técnica Estadual Dr. Celso Giglio, Osasco - São Paulo.

Kauam da Silva Costa

Graduação em andamento em Engenharia da Computação pelo Centro Universitário Internacional, UNINTER, Brasil.

Liana Mara Lemos dos Santos Rodrigues

Graduação em andamento em Engenharia Ambiental. Faculdade Pítágoras, São Luís, Brasil.

Lucas Nadler Rocha

Graduação em Engenharia Civil pelo Centro Universitário Unidade de Ensino Superior Dom Bosco, UNDB, Brasil. Graduação em andamento em Sistemas de Informação pelo Instituto Federal do Maranhão, IFMA, Brasil.

Maira Akemi Casagrande Yamato

Mestranda em Ciência e Tecnologia de Alimentos, ITAL , especialista em Engenharia de Bioprocessos (2015) e graduada em Engenharia de alimentos pela Universidade Estadual de Ponta Grossa (2011), Licenciada em Química - Faculdade Oswaldo Cruz (2012) e Licenciada em Pedagogia - FACESPI (2016). Atualmente é professora do curso técnico em química e ensino médio, na ETEC Dr. Celso Giglio Osasco II - Centro Paula Souza.

Marcones Mendes de Sa

Graduação em Engenharia Civil pela Unidade de Ensino Superior Dom Bosco, UNDB, Brasil. Especialização em Engenharia de Estruturas de Concreto Armado pela Universidade Candido Mendes, UCAM, Brasil. Especialização em andamento em Engenharia Geotécnica pela Unyleya Editora e Cursos S/A, Unyleya, Brasil.

Matheus Freire Drulla

Graduação em andamento em Engenharia da Computação pelo Centro Universitário Internacional, UNINTER, Brasil.

Matheus Galeazzi Zequin

Graduação em andamento em Engenharia da Computação pelo Centro Universitário Internacional, UNINTER, Brasil.



Matheus Macedo Barroso

Bacharel em Ciência e Tecnologia e Graduando em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Maranhão - UFMA, especialista em Docência do Ensino Superior pela Faculdade de Estudos Superiores do Maranhão - FESCEMP e cursando MBA em Engenharia Portuária pelo Instituto de Pós-Graduação e Graduação - IPOG. Atualmente realiza pesquisas voltadas para áreas de Patologias da Construção Civil e Gestão Ambiental na cidade de São Luís. Desenvolve a função de membro efetivo do grupo de ensino EPEQ - Escola Piloto de Engenharia Química, membro do Centro Acadêmico de Engenharia Civil da UFMA (Diretoria Acadêmica), Gerente de Marketing do projeto de desenvolvimento científico Célere Racing da Engenharia Mecânica e estagiário da Empresa Maranhense de Administração Portuária - EMAP atuando na Gerência de Manutenção.

Matheus Pacheco da Silva

Graduação em andamento em Engenharia de Produção pela Faculdade Atenas Maranhense, FAMA, Brasil.

Melina Aparecida Plastina Cardoso

Possui graduação em Engenharia de Alimentos pela Universidade Estadual de Ponta Grossa (2011) e mestrado em Ciências de Alimentos pela Universidade Estadual de Londrina (2014). Atualmente, é doutoranda em Ciência de Alimentos pela Universidade Estadual de Maringá (2019). Atuou como professor adjunto nível B na Universidade Pitágoras Unopar e Universidade Anhanguera- UNIDERP, de 2017 a 2019. Foi empresária no ramo de alimentos (indústria e comércio de doces finos) em 2018 e 2019. Tem experiência na área de Engenharia de Alimentos, com ênfase em Ciência e Tecnologia de Alimentos, atuando principalmente nos seguintes temas: ciência tecnologia de alimentos, engenharia de produção, gestão da inovação, empreendedorismo, gestão de projetos e gestão de produtos, desenvolvimento de novos produtos e gerenciamento e controle de qualidade de produtos.

Nadyla Galvão Maciel

Graduação em andamento em Engenharia de Produção pela Universidade Estadual do Maranhão, UEMA, Brasil.

Pedro Lucas Nascimento

Graduação em Engenharia Civil pelo Centro Universitário Unidade de Ensino Superior Dom Bosco, UNDB, Brasil.



Raimundo Compasso Mota Junior

Graduação em Engenharia Ambiental. Faculdade Pítágoras, São Luís, Brasil. Técnico de Segurança do Trabalho pelo Sodexo.

Renata Medeiros Lobo Muller

Bacharel em Química pela Universidade Federal do Pará (2005), Mestre em Materiais pelo Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares/USP (2008). Doutora em Química pela Universidade Federal do Pará (2011- 2016). Tem experiência na área de Química Analítica, com ênfase em Instrumentação Analítica (Análise de amostras ambientais e biológicas a nível de ultratrazos). Possui experiência no magistério superior em Instituições Privadas para cursos de Engenharia e da área da Saúde. Desenvolveu pesquisas e orientações na área de Corrosão e Sustentabilidade. Atualmente atua como professor na Faculdade Pitágoras nos cursos de Engenharia (Ambiental, Química, Civil e Produção) e na Unidade de Ensino Superior Dom Bosco nos cursos de Engenharia Civil, Engenharia de Produção, Biomedicina e Farmácia.

Sarah Letícia Correa Sousa

Graduação em andamento em Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia pela Universidade Federal do Maranhão, UFMA, Brasil.

Symon Igor Pinheiro da Silva Lima

Graduação em andamento em Matemática pela Universidade Federal de Alagoas, UFAL, Brasil.

Vinicius dos Santos Bandoch

Graduação em andamento em Engenharia da Computação pelo Centro Universitário Internacional, UNINTER, Brasil.

Vinicius Viotto de Souza

Escola Técnica Estadual Dr. Celso Giglio, Osasco - São Paulo.



ORGANIZADOR

Glauber Tulio Fonseca Coelho



Doutor em Meio Ambiente e Desenvolvimento Regional - UNIDERP, mestre em Engenharia Civil (Concentração: Saneamento Ambiental) pela Universidade Federal do Ceará - UFC, MBA em Gerenciamento de Projetos pela Fundação Getúlio Vargas - FGV e graduação em Engenharia Civil pela Universidade Estadual do Maranhão.

Quando da publicação deste livro, estava Coordenador Acadêmico Adjunto da Faculdade Pitágoras de São Luís, bem como professor de disciplinas na área de Meio Ambiente e Tecnologia da Construção. Possui experiência em Construção Civil, Gestão de Projetos, Meio Ambiente, Hidrologia e Drenagem. Empresário no setor de livros virtuais científicos, sócio proprietário da Editora Pascal LTDA.

Nesta obra o Organizador ressalta a importância da engenharia no contexto empresarial, científico e tecnológico, por se tratar de tema da maior relevância para a indústria e centros de pesquisa que buscam o desenvolvimento da inovação. O livro é pautado em trabalhos focalizados na engenharia e oportuniza aos acadêmicos, professores e profissionais atuantes excelente material para novas reflexões e pesquisas.

ISBN: 978-65-86707-22-9

BR

