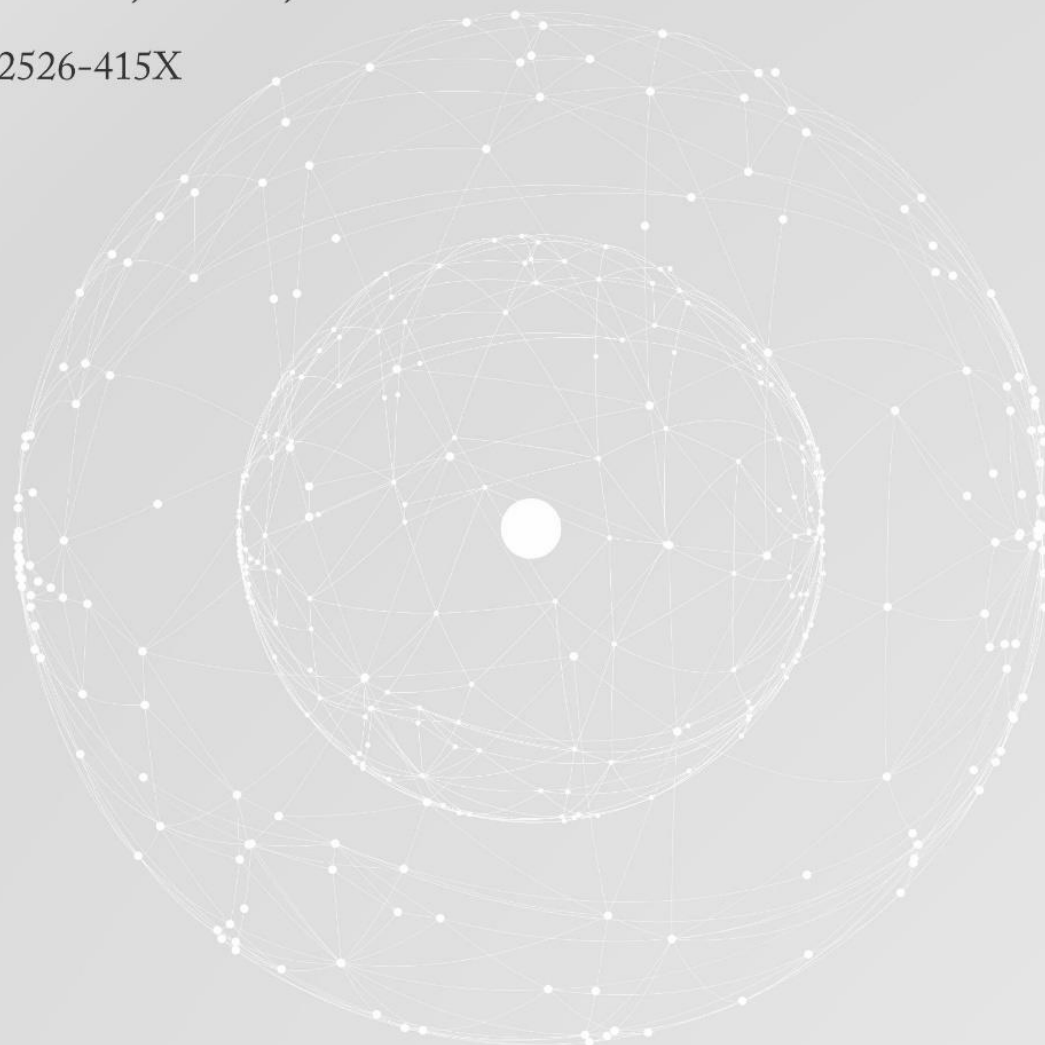


Revista de
**Ciência,
Tecnologia e
Inovação**

Volume 4, Nº. 6, 2019

ISSN 2526-415X



Foco e Escopo

A Revista de Ciência, Tecnologia e Inovação, publicação do Centro de Ciências e Tecnologia do Centro Universitário Serra dos Órgãos (CCT-UNIFESO), é um periódico multidisciplinar semestral aberto a contribuições, por meio de avaliações e revisões dos Consultores **ad hoc**.

Processo de Avaliação pelos Pares

Os artigos submetidos à Revista de Ciência, Tecnologia e Inovação passam por processo de dupla avaliação anônima por pares (*double blind review*), realizada por dois pareceristas. A Revista conta com um corpo permanente de pareceristas.

Procedimento: Os pareceristas podem considerar o artigo **apto** (e mesmo assim realizarem sugestões), **com correções obrigatórias** (que serão enviadas para o autor e retornadas para o parecerista para conferência) ou **recusar a publicação**. Para tornar-se apto para publicação, o artigo deve ter o aceite de ambos os pareceristas. Caso haja divergência de pareceres, o artigo será submetido a um terceiro parecerista. Este artigo é avaliado pelo Conselho Editorial, que analisa a pertinência temática com o foco e escopo da Revista e regras formais de publicação. O Editor e a Comissão Executiva da Revista montam uma pauta editorial prévia, atendendo os critérios de qualidade e número necessário de artigos. Após a formação da pauta, a comissão editorial reúne-se para avaliar o conjunto de artigos aceitos e finalizar a seleção. As edições da Revista de Ciência, Tecnologia e Inovação são publicadas semestralmente.

Periodicidade

A Revista de Ciência, Tecnologia e Inovação é um periódico semestral.

Política de Acesso Livre

Esta revista oferece acesso livre imediato ao seu conteúdo, seguindo o princípio de que disponibilizar gratuitamente o conhecimento científico ao público proporciona maior democratização mundial do conhecimento.

Endereço postal

Estrada Wenceslau José de Medeiros, Nº 1045 – Prata - Teresópolis/RJ - Brasil.

Contato Principal e Editor

Cláudio Amaral - Unifeso

E-mail: revistact@unifeso.edu.br

Formatação

Jessica Motta da Graça

Capa

Marketing Unifeso

Contato para Suporte Técnico

E-mail: supistemas@unifeso.edu.br

SUMÁRIO

EDITORIAL.....	4
PLANEJAMENTO E CONTROLE DA MANUTENÇÃO: ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA DO SETOR TÊXTIL DE CONFECÇÃO DA REGIÃO SERRANA DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO	5
<i>Samara Condack da Roza, Rafael Murta Pereira</i>	
ESTUDO DE MOVIMENTOS E TEMPOS: DIMENSIONAMENTO DA CAPACIDADE PRODUTIVA DE UMA FUNILARIA.....	17
<i>Daniele Souza Fernandes Aragão, Renata dos Santos Constant</i>	
APLICAÇÃO DO LEAN MANUFACTURING NA REDUÇÃO DO DESPERDÍCIO EM UMA PROCESSADORA DE FRUTAS, LEGUMES E VERDURAS	25
<i>Rafaela de Jesus Azavedo, Renata dos Santos Constant</i>	
ESTUDO DE CASO EM UMA CERVEJARIA DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO UTILIZANDO CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSO	36
<i>Danielle Ferreira dos Santos, Bruno Ricardo Viana, Rafael Cezar Menezes</i>	
NOTAS SOBRE OS FUNDAMENTOS MATEMÁTICOS DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL	44
<i>Rodrigo Siqueira-Batista, Eugênio Silva</i>	
DESLIZAMENTOS DE ROCHA NO RIO DE JANEIRO: QUAIS FATORES DETERMINAM OU NÃO O REGISTRO DE UM DESASTRE	55
<i>Claudio Amaral, Louise Estrella</i>	

EDITORIAL

O grande esforço da equipe de Editoração e dos professores do CCT que atuam na revisão dos artigos submetidos, culminou na publicação de 23 trabalhos nos números 4 e 5 da Revista de Ciência, Tecnologia e Inovação, praticamente atingindo a meta traçada de publicação de 25 artigos em duas revistas semestrais. No ano de 2019, contudo, dificuldades diversas concorreram para diminuir o ritmo de editoração e somente agora, em maio de 2020, apresentamos o número 6 do volume 4.

A justificativa maior para a não manutenção da periodicidade desejada da Revista de Ciência, Tecnologia e Inovação é a mesma das demais revistas de ciência e tecnologia brasileiras: há no sistema uma lista grande de outras revistas nos quais os autores encontram uma pontuação maior e, portanto, suficiente para alcançarem a produtividade acadêmica recomendada pelas agências de fomento à pesquisa. É preciso reconhecer, entretanto, que a Revista de Ciência, Tecnologia e Inovação também enfrentou em 2019 uma “boa” concorrência das próprias iniciativas da direção do CTC/UNIFESO. Em junho toda a equipe de professores do curso de Engenharia Civil esteve dedicada à avaliação do curso pelo MEC, que, felizmente, se traduziu na pontuação máxima obtida – 5 -. Em agosto teve início o Projeto “Proteger Teresópolis”, desenvolvido em conjunto com a Defesa Civil Municipal de Teresópolis. Já em novembro e dezembro, os professores estiveram envolvidos com o fechamento dos Trabalhos de Conclusão do Curso, com os quais a Engenharia Civil formou a sua primeira turma.

É de se comemorar, então, o fechamento deste número 6 do volume 4 da Revista de Ciência, Tecnologia e Inovação do UNIFESO, fruto do interesse e da iniciativa dos autores e do trabalho “silencioso” dos revisores da revista. E também de se esperar a recuperação do planejamento inicial de publicação de dois números a cada ano, em função da finalização de um grande número de TCCs em 2019. Mas vamos manter o pé no chão, particularmente porque atravessamos um momento muito difícil por conta da pandemia da COVID-19. Primeiro, dar início ao planejamento, com a apresentação deste No. 6; depois, incentivar os professores, junto com os alunos formados, a divulgarem artigos técnicos a partir dos TCCs defendidos,

São cinco artigos técnicos. O primeiro, de Roza, S.C. & Pereira, R.M., trata de um caso de sucesso na implantação de um sistema de planejamento e controle de manutenção (PCM) simplificado numa empresa do setor têxtil de confecção da região serrana, que não o possuía anteriormente. O segundo, de Aragão, D.S.F. & Constant, R.S., trata de um caso de (re)dimensionamento da capacidade produtiva mensal em uma microempresa de funilaria automotiva de Teresópolis. O terceiro, de Azevedo, R.J. & Constant, R.S., discute os conceitos da filosofia Lean Manufacturing e relata a aplicação de ferramentas de qualidade numa Processadora de frutas, legumes e verduras, com vistas a minimizar os desperdícios na produção. O quarto, de Santos, D.F; Viana, B.R & Menezes, R.C., relata a utilização do controle estatístico no processo de envasamento em uma cervejaria, e a sugestão de melhorias com base nas ferramentas de Qualidade. O quinto, de Batista, R.S. & Silva, E., faz uma reflexão sobre os fundamentos matemáticos da Inteligência Artificial, ressaltando a importância do adequado estudo da Matemática para o seu estudo e compreensão. Por fim, há uma Nota Técnica de Amaral, C. & Estrella, L., que reporta três casos recentes de deslizamentos de rocha no Rio de Janeiro, e discute o papel desempenhado por fatores não geológicos na determinação de quando estes deslizamentos de rocha se transformam ou não em desastres.

Boa leitura!

PLANEJAMENTO E CONTROLE DA MANUTENÇÃO: ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA DO SETOR TÊXTIL DE CONFECÇÃO DA REGIÃO SERRANA DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

*PLANNING AND MAINTENANCE CONTROL: A CASE STUDY IN A TEXTILE COMPANY ON THE
MOUNTAIN REGION OF RIO DE JANEIRO*

Samara Condack da Roza¹, Rafael Murta Pereira²

¹Centro Universitário Serra dos Órgãos, ²Docente do Centro de Ciência e Tecnologia do UNIFESO

Resumo

O presente trabalho desenvolve uma metodologia de implantação de um sistema de planejamento e controle de manutenção (PCM) simplificado para aplicação na empresa onde o estudo foi realizado. O objetivo principal foi identificar uma empresa da região serrana do Estado do Rio de Janeiro que não possuísse sistema de PCM implantado e a partir daí fazer um diagnóstico das necessidades da empresa e propor a implantação do sistema. A metodologia para obtenção de informações relativas às condições da empresa foi a partir da elaboração e aplicação de um questionário em uma visita técnica às instalações da empresa para se conhecer seu grau de maturidade em relação ao PCM. A análise dos dados permitiu a definição de um sistema adequado para as condições da empresa e de fácil implementação.

Palavras-chaves: Manutenção. Planejamento e Controle. Indústria.

Abstract

The present work develops a methodology for the implementation of a simplified maintenance planning and control system for implementation on the company where the study was conducted. The main objective was to identify a company of the Rio de Janeiro State Mountain Region that did not apply any maintenance control or planning and then diagnose the company necessities and propose the implementation of the system. The methodology used to obtain the information regarding company's condition was based on the elaboration and application of a specific questionnaire and a technical visit on site to understand the company's maturity regarding the subject. Data analysis allowed the definition of a system adequate to the company's needs of easy implementation.

Keywords: Maintenance. Planning and control. Industry.

Introdução

Com o passar dos anos as empresas do ramo industrial buscam cada vez mais automatizar os seus processos e para atender esta demanda são utilizadas diversas máquinas que possibilitam aumentar o desempenho e eficiência dos processos, assim possibilitando a execução de tarefas de forma automática diminuindo os custos gerais da produção.

Cada tipo de máquina ou equipamento demanda diferentes tipos de cuidados para a garantia da sua vida útil e desta forma surgem os conceitos de manutenção que vem se

aperfeiçoando cada vez mais com o passar dos anos.

Kardec e Nascif (2013) afirmam que os gestores têm reagido de forma rápida a todas as mudanças referentes a aplicação da manutenção em processos. A visão clássica de manutenção é o reparo dos itens danificados. Diante dessa perspectiva limitada, as atividades de manutenção estariam restritas de tarefas reativas a ações de reparo. Entretanto, em uma visão mais recente o objetivo da manutenção, é manter o equipamento funcionando de acordo com as condições do projeto, observando as necessidades físicas para o pleno

desenvolvimento da produção. Contudo, este conceito permite uma abordagem proativa nos serviços rotineiros e inspeções periódicas (PASCHOAL; MENDONÇA; MORAIS; GITAHY; LEMOS, 2009).

De acordo com Viana (2002), a manutenção preventiva é todo serviço realizado em máquinas que não estejam com falhas. São serviços realizados em intervalos predeterminados, com o objetivo de reduzir as probabilidades de falha, proporcionando desta forma um bem-estar operacional necessário para o bom funcionamento das atividades produtivas.

Segundo Gurskie e Rodrigues (2008), a função da manutenção não é consertar o equipamento quebrado, mas se antecipar à quebra.

Segundo Nancabú (2011), o objetivo da manutenção preventiva é a antecipação de falhas, e muitas vezes as mesmas exigem um trabalho cansativo, e com isso se faz necessário a elaboração de uma política de medidas preventivas estruturadas e que se alcancem os objetivos e metas estabelecidos. Essa aplicação traz diversos benefícios para o ambiente de trabalho como, por exemplo, a redução da perda de produção; troca de manutenção de emergência por manutenção programada, o que reduz as horas extras; redução do pessoal de manutenção; melhor ambiente de trabalho e redução de custos de fabricação.

Em situações extremas um equipamento pode ser mantido em serviço apesar de não mais satisfazer a plenitude de suas funções, esta área é a mais crítica da definição de manutenção corretiva. Esse tipo de manutenção leva a uma contínua e lenta degradação das máquinas (BRANCO FILHO, 2008).

Para Morengi (2005) esse tipo de manutenção tem custos elevados para realizar a recuperação das condições de operação do equipamento em situação de crise, o que ocasiona danos secundários e risco de segurança impostos pela falha e a penalidade associada pela perda da produção.

De acordo com Nagai, Batista e Dagnoni (2015), a organização da manutenção era conceituada, como planejamento e administração dos recursos para adequação à carga de trabalho esperada. Hoje, a organização da manutenção deve estar direcionada para a gerência e a solução dos problemas na produção, para que a empresa seja competitiva no mercado sem se esquecer da busca pela maximização dos resultados.

Segundo Souza (2008), a filosofia do planejamento e controle da manutenção há tempos é consolidada nos países desenvolvidos. No Brasil, começou a ser utilizada a partir do início da década de 90. Nos anos 80, a grande maioria das indústrias dos países ocidentais almejava obter o máximo de retorno financeiro para determinado investimento. Com a influência da indústria oriental, os consumidores passaram a considerar a qualidade dos produtos e serviços como requisito importante. Esta exigência obrigou essas empresas a se adequarem para se manterem competitivas.

Problemas de equipamentos, ao longo prazo, vem trazendo danos ao meio ambiente, tornando a preocupação com a manutenção não apenas pelas falhas dos equipamentos, porém, é observado que em pequenas e médias empresas da região Serrana do Estado do Rio de Janeiro a cultura da manutenção preventiva como forma de evitar perdas financeiras e de produção ainda é escassa.

Este trabalho tem como objetivo fazer uma proposta de implantação de programa de Planejamento e Controle da Manutenção em empresa de médio porte do setor têxtil de confecção da Região Serrana do Rio de Janeiro, a partir da identificação de uma empresa que não possua programa de PCM implementado, apresentando soluções simplificadas, de fácil aplicação para os problemas identificados.

Metodologia

O setor de produção têxtil é de extrema importância para o mercado brasileiro e principalmente para o desenvolvimento

econômico da Região Serrana do Estado do Rio de Janeiro, desta forma, para elaboração deste trabalho, foi selecionada uma empresa de médio porte da Região Serrana do Estado do Rio de Janeiro, da área de produção de vestuário feminino. A empresa em questão solicitou a não identificação de seu nome no desenvolvimento deste trabalho, por essa razão, para facilitar o entendimento será atribuído o nome fictício “Moda Serrana”.

Esta empresa foi selecionada devido à sua importância no mercado da Região Serrana, por sua notoriedade comercial. Em um primeiro momento foi feito contato com o responsável pela produção para avaliar a possibilidade de se realizar a pesquisa dentro da empresa. Após a aprovação, foi iniciado o processo de elaboração do questionário e realização da entrevista para coleta de dados.

A empresa Moda Serrana atualmente produz diversos tipos de roupas femininas (blusas, calças, vestidos, etc.), oriundas de apenas uma fábrica que entrega seus produtos para diversas regiões do país. Por estar localizada em cidade do interior do estado, onde a concorrência com outras empresas e o custo de produção são menores, havia uma expectativa negativa, sobre a percepção da empresa em relação à importância dos programas de manutenção preventiva, prevendo-se que a empresa não aplica ou conhece adequadamente o PCM.

A fábrica possui um volume anual de produção de aproximadamente 1 milhão de peças, o que indica um elevado volume de produção diário, tornando mais evidente a necessidade de aplicação de programas de PCM.

Desenvolvimento do questionário

Para coleta de dados da empresa, foi selecionado o método de aplicação de questionário. Este questionário é de autoria própria e foi desenvolvido de forma a se obter o máximo de informações possíveis para caracterização da empresa e, identificação da sua percepção sobre a importância do PCM e o

grau de maturidade da manutenção instalada na empresa. O questionário foi desenvolvido de forma a ser respondido pelo responsável pela produção da empresa.

Durante o desenvolvimento, foram separados quatro tópicos principais e a partir daí elaborados as demais perguntas associadas ao assunto. São eles:

- **Identificação da empresa:** As perguntas selecionadas para esta seção tinham como objetivo realizar a identificação da empresa em dois níveis principais: o setor industrial e o porte. O setor industrial tem como objetivo analisar caráter da indústria, a partir dos seus insumos por meio de seus indicadores, e o porte foi utilizado para identificar o volume de produção, de vendas e o faturamento bruto e/ou líquido da empresa.
- **Programa de Manutenção:** O objetivo de conhecer sobre o tipo de manutenção estabelecida dentro da empresa, se possui algum tipo de controle das falhas por meio de relatórios, garantindo assim a sua confiabilidade e disponibilidade com objetivo de prolongar a vida útil dos equipamentos.
- **Equipamentos:** Objetivo de conhecer os principais equipamentos utilizados pela empresa na linha de produção, se existe reserva ou paralelismo, tipos de operações e a capacitação dos funcionários para a utilização do equipamento.
- **Coleta de dados:** Baseado em uma coleta de informações disponibilizada pela empresa para saber o tempo certo de cada falha, para se programar para os serviços de manutenção.

Coleta e análise de dados

A coleta de dados foi realizada a partir de uma entrevista feita em horário agendado com o entrevistado, nas dependências da empresa, de modo que foi feita também uma visita técnica, acompanhada do responsável, por toda a linha

de produção, de modo a contextualizar o pesquisador em relação à formatação da linha de produção. Neste momento, foi apresentada toda a empresa e sua rotina de produção.

Desta forma, foi possível coletar informações importantes sobre o processo produtivo, visto *in loco*, que puderam ser comparadas com as informações coletadas via questionário, podendo-se concluir o que a empresa realiza para o planejamento e controle de manutenção, observando seus pontos fracos e o que pode ser futuramente melhorado para diminuir essas fraquezas.

Algumas respostas não foram fornecidas, devido a questões de confidencialidade ou mesmo por falta da informação por parte da empresa, e por isso foram inferidas a partir das respostas de outras perguntas, como por exemplo o volume de perdas associadas à parada dos equipamentos.

De forma a calcular a capacidade de produção semanal da empresa, foram considerados dois cenários diferentes, o primeiro, considerando um ano com 52 semanas, de forma a se obter a quantidade média produzida por semana, e a capacidade efetiva de produção por semana, onde são consideradas as paradas das máquinas, obtendo-se um valor ligeiramente mais alto do que a média.

Após verificação dos dados, foi proposto um sistema de PCM sob medida para aplicação na empresa Moda Serrana, com descritivo passo a passo e sugestão de documentação a ser utilizada.

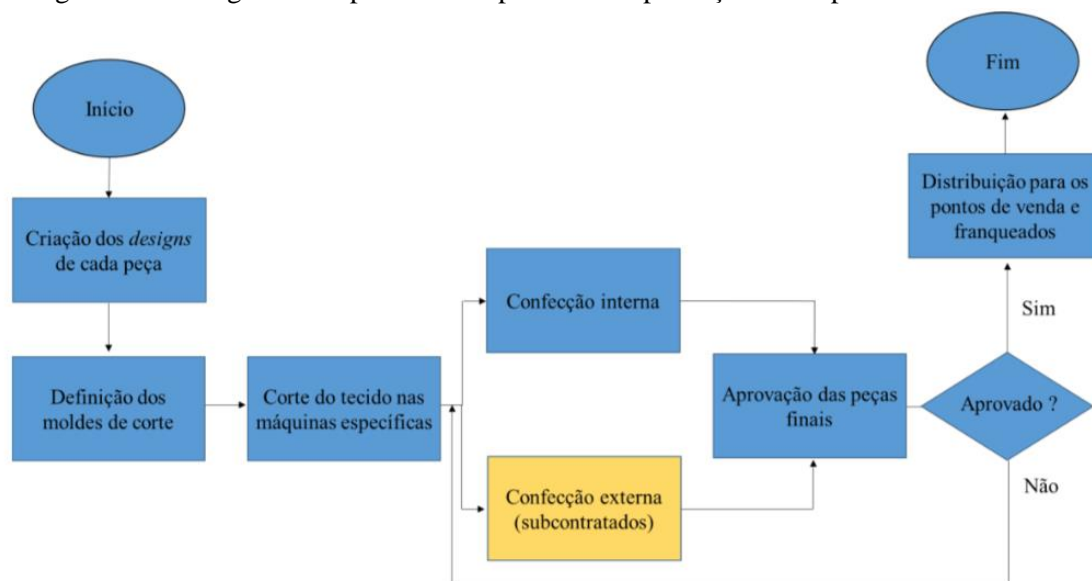
Resultados e discussão

A empresa se classifica no ramo industrial têxtil de confecção, com a produção de roupas para vestuário exclusivamente feminino. A proprietária da empresa atua como estilista, criando modelos próprios e exclusivos de roupas. As roupas produzidas são distribuídas para os pontos de venda, em lojas próprias e franqueadas por todo o Brasil.

A empresa estudada se classifica como uma empresa de médio porte. O número de empregados informado foi de 137, o que realmente a classifica como uma empresa média. A empresa subcontrata serviços de confecção que conta com um quadro de 90 colaboradores.

De forma a facilitar o entendimento relacionado ao processo produtivo da empresa, considerando desde o início do processo de *design* das roupas até o produto final, é apresentado na figura 1 um fluxograma simplificado.

Figura 1 – Fluxograma simplificado do processo de produção da empresa Moda Serrana



Fonte: Autoria Própria, 2018.

Pela rápida análise do fluxograma, é possível perceber que as máquinas de corte são peças fundamentais do processo produtivo, visto que parte da confecção é feita externamente, indicando um paralelismo nesta operação, portanto, caso a confecção interna pare, ainda é possível continuar a produção dos produtos finais, porém, caso as máquinas de corte parem, todo processo produtivo é também parado.

O volume de produção da empresa é significativo, foi informado que a empresa produz em média 1.000.000 (um milhão) de peças por ano, considerando um regime de trabalho de 44 horas semanais, sendo um regime diário de 9 horas de segunda feira a quinta feira e 8 horas na sexta feira.

A partir desta informação, foram inferidos os dados, relativos à produção, apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Capacidade produtiva média da empresa Moda Serrana

CAPACIDADE DE PRODUÇÃO MÉDIA	
Produção anual [peças/ano]	1.000.000
Produção semanal [peças/semana]	19.231

Fonte: Autoria Própria, adaptado dos dados obtidos via questionário, 2018.

Para obtenção dos valores apresentados, foi considerado um ano com 52 semanas. O faturamento não foi divulgado pela empresa, desta forma os cálculos posteriores foram

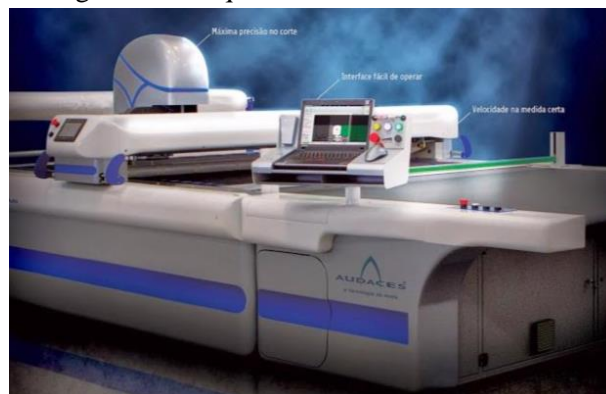
realizados considerando a capacidade produtiva.

Identificação dos equipamentos principais

Durante a visita técnica e após coleta de dados via questionário, foram identificados os principais equipamentos associados à produção da empresa. Foram observadas máquinas de costura tipo overlock e máquina para costura reta. Foi informado pelo responsável que as máquinas de costura possuem um responsável permanente pela manutenção corretiva. Por não serem máquinas complexas, e serem de fácil reposição, entende-se que em um primeiro momento não precisam ser adicionadas ao PCM. Além deste fato, foi informado que a empresa faz a subcontratação de confecções externas, que são responsáveis por costurar os moldes oriundos das máquinas de corte e entregar o produto finalizado, assim, elimina-se um dos possíveis gargalos, visto que a responsabilidade de manutenção das máquinas é do próprio subcontratado.

As principais máquinas da empresa são duas máquinas de corte, da fabricante Audaces, modelo Neocut A-20 (uma 5 polegadas e outra 7 polegadas), conforme figura 2. Estas máquinas são responsáveis por produzir os moldes de todas as peças que são confeccionadas pela empresa. As máquinas operam em paralelo, fazendo o corte de diferentes tipos de materiais, porém com capacidade de corte diferenciada, dependendo do material.

Figura 2 – Máquina de corte Audaces Neocut A-20



Fonte: Adaptado de Audaces, 2018.

É possível perceber que a complexidade do equipamento vai além da sua capacidade de corte, visto os dimensionais, apresentados na tabela 2.

Tabela 2 – Dimensionais das máquinas Audaces Neocut A-20

DIMENSIONAIS – 5 E 7 POLEGADAS	
Comprimento [m]	4,25
Largura [m]	2,50
Altura [m]	0,90

Fonte: Manual de informações técnicas Audaces Neocut A-20

Dados os dimensionais dos equipamentos, toda manutenção deve ser feita no próprio local, visto que é inviável a retirada dos equipamentos para manutenção, além do fato deste tipo de operação demandar maior tempo de parada.

Considerando-se a importância deste equipamento na linha de produção pode-se afirmar que toda a capacidade produtiva da empresa depende do pleno funcionamento destas.

Foi informado que não existe treinamento específico para os operadores desta máquina. Existe um funcionário de longa data que faz esta operação a muito tempo, de forma que novos funcionários aprendem na prática. Este modelo de negócio indica uma forte dependência deste profissional, visto que sua ausência pode acarretar numa parada de produção, já que não existem procedimentos pautados em relação à sua operação.

Falhas no equipamento

De acordo com o observado e com a pesquisa realizada na empresa, os principais equipamentos da linha de produção, as máquinas de corte de tecido, falham de duas a três vezes ao ano. Apesar desta informação ter sido fornecida pelo responsável pela produção, existe uma dúvida sobre sua precisão, visto que a empresa não possui registros das falhas ou relatórios indicando a perda da capacidade produtiva, para todos os efeitos, foi considerado

o pior caso com três paradas por ano. Entende-se que por serem paradas inesperadas que os tempos para resolução dos problemas podem chegar a até uma semana útil, prejudicando diretamente a capacidade de produção. Também é considerado que cada máquina opera individualmente, apesar de existir a possibilidade de uma ser reserva da outra. Para os efeitos deste trabalho a capacidade produtiva foi dividida igualmente por cada máquina, resultando em uma capacidade de 500.000 peças por ano por máquina.

Baseado nestas informações, é possível verificar a real capacidade de produção semanal da empresa, cujos dados são apresentados na tabela 3.

Tabela 3 – Capacidade produtiva efetiva da empresa Moda Serrana

CAPACIDADE DE PRODUÇÃO EFETIVA POR MÁQUINA	
Produção anual [peças/ano]	500.000
Produção semanal [peças/semana]	10.204

Fonte: Autoria Própria, 2018.

Estes dados são obtidos, considerando que das 52 semanas do ano cada máquina fica parada em média uma semana até o problema ser resolvido, totalizando 3 semanas paradas por ano, com isso cada máquina opera efetivamente durante 49 semanas em um ano.

A partir das informações da Tabela 3, pode-se inferir as perdas de produção considerando-se a capacidade de produção efetiva e que as máquinas seriam capazes de produzir todas as semanas do ano, cujos dados são apresentados na tabela 4.

Tabela 4 – Perdas de produção inferidas da empresa Moda Serrana

PERDAS DE PRODUÇÃO	
Produção semanal por máquina [peças/semana]	10.204
Produção perdida em 3 semanas paradas por máquina [peças/ano]	30.612
Produção total perdida em um ano [peças]	61.224

Fonte: Autoria Própria, 2018.

A análise desta tabela, mostra que devido às paradas inesperadas e tempos necessários para a manutenção das máquinas, ocorrem perdas significativas na produção, que podem chegar a ordem de 6,1%. Estimando-se um valor de lucro líquido por peça produzida, na ordem de R\$ 2,00, e caso fosse possível a produção ininterrupta durante as 52 semanas do ano, pode-se estimar os prejuízos (de oportunidade) financeiros causados pelas paradas da linha de produção, que são apresentados na tabela 5.

Tabela 5 – Perdas financeiras inferidas da empresa Moda Serrana

PERDAS FINANCEIRAS	
Produção total perdida em um ano [peças]	61.224
Perda anual inferida [R\$/ano]	122.448,00

Fonte: Autoria Própria, 2018.

Verifica-se então que a falta de um programa adequado de PCM prejudica a empresa, deixando de lucrar centenas de milhares de reais.

De forma a simplificar o entendimento e o cálculo das perdas, são propostas as equações a seguir, que indicam a perda de produção e perdas financeiras, baseadas no número de dias que cada máquina fica parada.

$$P_{ano} = \frac{1}{5} np \quad (1)$$

$$P_{financeiro} = P_{ano} l \quad (2)$$

Onde:

P_{ano} → perda de produção por ano

n → número de dias da máquina parada (dentro do período de um ano)

p → capacidade de produção semanal

$\frac{1}{5}$ → fator de conversão de dias para semana útil

$P_{financeiro}$ → perdas financeiras, em reais

l → lucro líquido por peça, em reais

Desta forma, pode-se apresentar com facilidade a influência direta das paradas na linha de produção.

Programa de planejamento e controle manutenção

Após a verificação das respostas e análise dos dados fornecidos, verifica-se a real necessidade de implantação de um programa de PCM para a empresa Moda Serrana. O programa proposto a seguir, tem por objetivo, ser um programa sob medida para a empresa, com custo de implantação muito baixo, para aumentar a atratividade da proposta, dado que já foi identificado que a empresa não investe, prioritariamente, neste setor.

Considerando-se que as máquinas de corte são os principais equipamentos da linha de produção, cujas falhas são responsáveis por prejuízos diretos, o escopo deste trabalho desenvolve a proposta de PCM para implantação inicial para estes dois equipamentos.

Identificação e Codificação dos Equipamentos

Para implantação do PCM, deve-se primeiro entender o processo produtivo para identificação dos equipamentos que podem ser gargalos de produção, posteriormente à identificação, deve-se fazer a codificação dos principais equipamentos. Esses códigos internos são utilizados devido à necessidade de controles setorizados, bem como a atuação organizada da manutenção.

A identificação dos equipamentos é feita através da atribuição de um TAG que será o código de registro do equipamento. Na composição do TAG deve-se observar a necessidade de indicar minimamente as seguintes informações:

- Tipo de equipamento;
- Área onde se encontra instalado;
- Número sequencial do equipamento;
- Paralelismo em operação.

Em um segundo momento, todas as áreas da empresa devem ser identificadas e codificadas, de modo a se obter maior precisão nos registros. A título ilustrativo, será considerado que a área de corte dos tecidos seja identificada pelas letras “CUT”. A identificação do equipamento “Máquina de Corte” será feito pelas letras “MCT”.

Sendo assim, os TAG's sugeridos para as máquinas de corte são apresentados na figura 3.

Figura 3 – TAG's sugeridos para as máquinas de corte.

CÓDIGO	DESCRIÇÃO
MCT-CUT-001 (1x100%)	Máquina de corte de tecidos Audaces Neocut A-20 5 polegadas
MCT-CUT-002 (1x100%)	Máquina de corte de tecidos Audaces Neocut A-20 7 polegadas

Fonte: Autoria Própria, 2018.

Checklist de Manutenção

O *checklist* proposto tem o objetivo de coletar de forma simples, informações relacionadas à manutenção, com isso criando registros para que se possa gerar relatórios gerenciais. A proposta inicial é baseada no registro manual de informações, com posterior passagem das informações para uma planilha utilizando o software Microsoft Excel, com possibilidade de posterior evolução para um sistema mais complexo. Na implantação desse procedimento os funcionários devem passar por um treinamento e acompanhamento especializado para o auxílio dessas coletas.

É previsto também, além do *checklist* de manutenção preventiva, um relatório para registro de manutenção corretiva, conforme apresentado na figura 4. Este relatório deverá

ser preenchido pelo técnico de manutenção, indicando seu nome, data, hora que foi executada, número da manutenção em relação ao ano e deve ser elaborado um descritivo, o mais detalhado possível, da falha e da solução aplicada. Desta forma, este relatório de manutenção corretiva servirá para alimentar as informações para o *checklist* da preventiva de forma que se pode prever quais peças sofrem mais defeitos e assim planejar o estoque delas.

Figura 4 – Proposta de relatório para registro de manutenção corretiva

MODA SERRANA	RELATÓRIO – CORRETIVA			
	Técnico:	Data:	Hora início:	Hora fim:
Nº da manutenção: (inserir o ano/sequencial ex. 2018/01)				
Equipamento: (inserir TAG do equipamento)				
DESCRIÇÃO DA MANUTENÇÃO CORRETIVAS				

Fonte: Autoria Própria, 2018.

O procedimento da manutenção preventiva, prevê a implantação e preenchimento correto de um *checklist*, apresentado na figura 5, que tem por objetivo registrar todo o processo de manutenção corretiva. O processo se inicia com a inspeção visual de todo o equipamento e seu entorno, para avaliação da condição geral do equipamento, posteriormente verifica-se a capacitação dos operadores do equipamento e indica-se a necessidade de treinamento específico. Em seguida, são avaliadas as condições dos sistemas elétricos, mecânicos e de corte. Por fim, são verificados os itens que podem ter surgido das manutenções corretivas e é gerado um relatório de serviço, indicando todas as peças que foram trocadas e procedimentos realizados.

Figura 5 – Proposta de *checklist* para registro da manutenção preventiva

CHECKLIST – PREVENTIVA				
MODA SERRANA	Técnico:	Data:	Hora:	
	Nº da manutenção: <i>(inserir o ano/seqüencial ex. 2018/01)</i>			
Equipamento: <i>(inserir TAG do equipamento)</i>				
MANUTENÇÕES CORRETIVAS REALIZADAS NO PERÍODO?				
Sim ()	Não ()	Quantidade:		
C: Conforme; NC: Não conforme; N/A: Não aplicável				
ITENS	Condições			OBSERVAÇÕES
	C	NC	N/A	
Local entorno do equipamento está sinalizado?				
O código está no equipamento?				
Os colaboradores estão devidamente treinados?				
Registro da manutenção estão atualizados?				
Todo sistema elétrico funciona sem improvisos?				
A lubrificação dos sistemas mecânicos está conforme?				
O equipamento apresenta peças rachadas ou trincadas?				
O conjunto de lâminas está adequado?				
Item de corretiva 1				
Item de corretiva 2				
Item de corretiva 3				
...				
RELATÓRIO DE SERVIÇO				
Data de término:		Assinatura do responsável		
Horário de término:				
PREENCHER TODAS AS INFORMAÇÕES SOLICITADAS E ARQUIVAR ESTE DOCUMENTO				

Fonte: Autoria Própria, 2018.

O registro minucioso das informações no relatório de manutenção corretiva e *checklist* de manutenção preventiva visa a obtenção de dados confiáveis sobre as falhas dos equipamentos e identificação de partes que exigem maior atenção no processo de manutenção. Os dados registrados permitirão a

elaboração de relatórios gerenciais e planejamento de manutenções adequadas.

Implantação do PCM

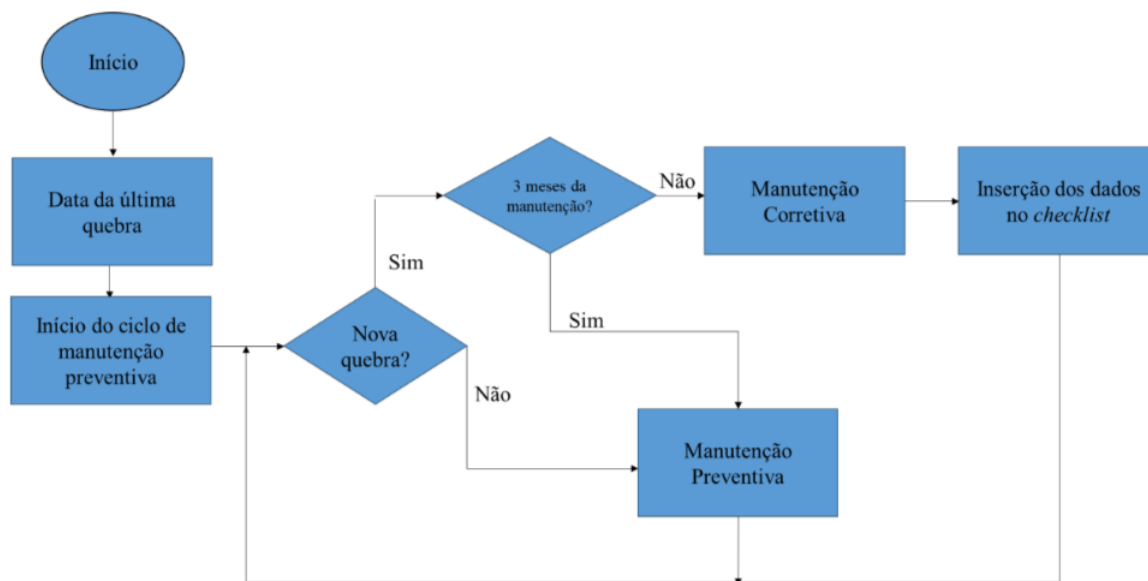
A figura 6 apresenta um fluxograma simplificado do processo de implantação do PCM, tendo o início baseado na última quebra

do equipamento a partir daí considera-se que já foi feita a manutenção, mesmo que corretiva, que deve ser preenchida no relatório e atualizada no *checklist*. Sendo assim, deve-se aguardar os três meses para ser feita a manutenção preventiva.

O prazo de realização das manutenções corretivas foi determinado como quatro vezes por ano, baseado nas informações disponibilizadas pela empresa de que o equipamento falha inesperadamente até três vezes por ano. Assim, garante-se que o

equipamento passará por um número de manutenções preventivas suficientes. Conforme o avanço do processo de registro, este número poderá ser diminuído, se avaliado que um espaçamento de tempo maior é viável. Tendo-se conhecimento aprofundado das peças que costumam falhar com frequência e com planejamento adequado para obtenção destas peças, pode-se também reduzir o tempo de parada em caso de falha inesperada que exija manutenção corretiva.

Figura 6 – Fluxograma simplificado de implantação do PCM



Fonte: Autoria Própria, 2018.

Como é possível perceber, depois de obtidas as informações sobre a última quebra o processo de manutenção fica mais simples de entender o porquê houve a quebra e qual é o tipo de procedimento que deve-se ter pra garantir a manutenção adequada e sempre buscando ter recorrência menores de manutenção corretiva para que não se prejudique a linha de produção.

Com isso, proporcionando informações sobre os equipamentos, capacitação dos funcionários por uma empresa especializada, tanto para operação quanto para manutenção e criando-se procedimentos e instruções normalizadas, a coleta de dados sobre a falha serão mais confiáveis e garantirão agilidade e assertividade no processo de manutenção.

Projeção de melhorias

Após a implantação do PCM, é esperada uma melhoria nos resultados da empresa, visto que o processo produtivo não ficará mais 3 semanas por ano parado e sim, controladamente, 1 semana por ano (4 manutenções de 1 dia, totalizando 4 dias úteis).

Utilizando-se os dados de capacidade produtiva calculados nas seções anteriores, pode-se calcular o possível valor do aumento de produtividade e lucro devido à implantação do sistema de PCM, conforme dados apresentados na tabela 6.

Tabela 6 – Ganho de produtividade esperado após implantação do PCM

GANHOS DE PRODUTIVIDADE

Produção semanal por máquina [peças/semana]	10.204
Produção em 51,2 semanas [peças/ano]	522.449
Aumento de produção em um ano por máquina [peças]	22.449

Fonte: Autoria Própria, 2018.

Portanto, pode-se perceber um possível aumento de 22.449 peças produzidas por máquina, o que representa um aumento anual de aproximadamente 4,5%. Este aumento impacta diretamente o faturamento líquido. Fazendo-se a mesma consideração utilizada anteriormente, pode-se calcular um aumento no faturamento líquido de R\$ 89.796,00, destacando ainda mais a importância de se fazer um controle adequado da manutenção.

Conclusão

O propósito desse trabalho foi inicialmente descrever o processo de implantação de um sistema de planejamento e controle da manutenção, ressaltando a importância desse setor, garantindo maior confiabilidade, qualidade, redução dos custos financeiros de manutenção na linha produção com as paradas não programadas, além de aumentar a média da produção.

Através de uma metodologia de identificação e análise das falhas ocorridas, foram obtidos resultados importantes para a manutenção de equipamentos em uma indústria de médio porte, do setor têxtil de confecção localizada na Região Serrana do Estado do Rio de Janeiro.

A empresa, tradicional no mercado, trabalha com linhas automatizadas de produção, onde requer pouca mão de obra operacional, porém alto conhecimento técnico para manusear e atuar em situações de quebras emergenciais.

A dependência entre o processo produtivo e os processos de manutenção ficam evidentes, portanto, realizar a manutenção de

forma adequada, se torna um atrativo, pois sem ela as perdas financeiras se tornam frequentes.

Por fim, esta pesquisa tratou-se de um estudo sobre a possibilidade de aumento da produtividade e lucratividade que uma empresa pode vir a ter com a implantação do Planejamento e Controle da Manutenção, mesmo que simplificado, reduzindo seus custos e aumentando a produtividade garantindo uma maior eficiência dos equipamentos.

Para trabalhos futuros, sugere-se o acompanhamento da implantação e coleta de dados para validação dos dados inferidos neste projeto.

Referências

- BRANCO FILHO, G. A Organização, o Planejamento e o Controle da Manutenção. Editora Ciência Moderna, 2008.280p.
- GURSKI, C; RODRIGUES, M. Planejamento Estrategicamente a Manutenção. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 28., Rio de Janeiro, RJ; 2008. **Anais...** Rio de Janeiro, RJ: ENEGEP, 2008. p.1-13.
- KARDEC, A; NASCIF, J. **Manutenção – Função estratégica**. Rio de Janeiro, RJ: Qualitymark Editora, 2013.413p.
- MORENGHI, L. Proposta de um sistema integrado de monitoramento para manutenção. 2005. 125f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, 2005.
- NAGAI, F; BATISTA, G; DAGNONI, V. **Estudo de Caso da Aplicação do Planejamento e Controle da Manutenção em uma planta de Envase Arla 32**. 2015.103f. Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2015.
- NANCABÚ, P. **Procedimento para Manutenção Preventiva na Empresa de Resíduo Sólidos Urbanos do Centro “ERSUC”**. 2011.69f. Dissertação (Mestrado

em Engenharia e Gestão Industrial) – Faculdade de Ciência e Tecnologia da Universidade de Coimbra, Coimbra, Portugal, 2011.

PASCHOAL, D; et. al., Disponibilidade e confiabilidade: Aplicação da gestão da manutenção na busca de maior competitividade.

Revista da Engenharia de instalações no mar da FSMA, n3, 2009.

SOUZA, J. **Alinhamento das estratégias do planejamento e controle da manutenção**

(PCM) com as finalidades e funções do planejamento e controle da produção (PCP): uma abordagem analítica. 2008.169f. Monografia (Graduação em Engenharia de Produção) – Universidade Tecnológica do Paraná, Ponta Grossa, PR, 2008.

VIANA, Herbert Ricardo Garcia. **PCM: Planejamento e Controle da Manutenção.** Rio de Janeiro, RJ: Qualitymark Editora, 2002.192p.

ESTUDO DE MOVIMENTOS E TEMPOS: DIMENSIONAMENTO DA CAPACIDADE PRODUTIVA DE UMA FUNILARIA

STUDY OF TIMES AND MOVEMENTS: SIZING THE PRODUCTIVE CAPACITY OF A FUNNEL

Daniele Souza Fernandes Aragão¹, Renata dos Santos Constant²

¹Centro Universitário Serra dos Órgãos, ²Universidade Federal Fluminense

Resumo

A prestação de serviços é uma atividade indispensável para movimentar a economia de um país, pois ela considera o cliente como parte integrante do processo. Para gerenciar esses processos é fundamental utilizar a administração da produção, que é vital para o bom funcionamento de toda organização. Através dessa técnica é possível controlar todos os recursos que envolvem um processo produtivo. Neste trabalho foi realizado um estudo de caso em uma microempresa de funilaria automotiva localizada na cidade de Teresópolis. Os objetivos do estudo foram dimensionar a capacidade produtiva mensal da empresa em realizar o serviço de funilaria em para-choque, através do estudo de tempos e movimentos. Para o desenvolvimento do estudo foram realizadas visitas para a caracterização da empresa, para acompanhar os processos e realizar as cronometragens necessárias para o estudo de tempos e movimentos. Através do dimensionamento da capacidade produtiva foi possível determinar que dois trabalhadores irão se dedicar apenas ao serviço estudado.

Palavras-chave: Estudo de tempos e movimentos. Capacidade produtiva. Funilaria.

Abstract

The provision of services is an indispensable activity to move country economy as it considers the client as an integral part of the process. To manage these processes, it is fundamental to use production management, which is vital for the proper functioning of every organization. Through this technique it is possible to control all resources that involve a productive process. In this study, a case study was carried out in a microenterprise of automotive hoppers located at Teresópolis city. The objectives of the study were to define the monthly productive capacity of the company to perform the funneling service in shock, through the study of times and movements. For the development of the study, visits were made to company characterization, to follow the processes and to carry out the necessary timings for the study of times and movements. Through the definition of productive capacity, it was possible to determine that two employees dedicate themselves to the service studied.

Keywords: Study of times and movements. Productive capacity. Funnel.

Introdução

Os processos estão presentes dentro de qualquer organização, independente do segmento ou porte todas produzem produtos e/ou serviços. Para gerencia-los é essencial utilizar os conceitos da administração da produção, que tem como objetivo definir e organizar o processo desde a criação até a entrega. Nesse contexto a função produção é parte fundamental para o sucesso de uma organização, uma vez em que ela gera os produtos e serviços que são a razão da existência da empresa.

Em pequenas e médias empresas a administração da produção é desafiadora. Para

gerenciar os processos as empresas não dispõem de muitos recursos como, por exemplo, a mão de obra especializada e direcionada. Nessas organizações os trabalhadores realizam diversas tarefas conforme surgem as necessidades, em contrapartida possuem agilidade para responder as oportunidades e problemas na medida em que se manifestam.

As organizações estão cada vez mais empenhadas na busca contínua pela melhoria dos processos, com o intuito de aumentar a produção e reduzir custos. Para atender à demanda é preciso compreender detalhadamente os processos, dimensionar a

capacidade produtiva e determinar os melhores métodos de trabalho. Uma técnica utilizada para satisfazer esses requisitos é o estudo de tempos e movimentos. Com os resultados desse estudo é possível determinar a capacidade máxima produtiva e gerenciar o tempo de produção do processo.

O presente estudo foi realizado em uma microempresa de funilaria automotiva, que não será identificada. Para melhor compreensão do trabalho, define-se o serviço de funilaria como sendo o trabalho de reparar ou substituir peças de automóveis com avarias na pintura. Para o desenvolvimento desse trabalho foram realizadas visitas na empresa para a caracterização, compreensão dos processos e coleta de dados.

O objetivo do estudo é dimensionar a capacidade produtiva da empresa em realizar o serviço de funilaria em para-choque. Para dimensionar a capacidade produtiva mensal foi realizado um estudo de tempos e movimentos, com o propósito de analisar os tempos do processo e definir a distribuição de trabalhadores para realizar esse serviço.

Referencial teórico

Estudo de Tempos e Movimentos

As empresas buscam aumentar a capacidade produtiva minimizando, controlando e padronizando o tempo de produção, dessa forma aumentavam a eficiência melhorando a cada dia seu desempenho. Uma das ferramentas utilizada para aumentar a produção e reduzir custos é o estudo de tempos e movimentos (SANTOS et al., 2017a; SANTOS; ALVES, 2017).

Frederick Taylor foi o introdutor do estudo de tempos em 1881, na usina Midvale Steel Company. Taylor decidiu tentar mudar o estilo da administração, fazendo com que os interesses dos trabalhadores e da empresa não conflitassem. Para tal realizou o estudo de tempos para determinar a produtividade justa e adequada. O estudo de movimentos teve início em 1885 por Frank B. Gilbreth e sua esposa

Lilian M. Gilbreth, eles introduziam melhorias nos métodos, substituindo movimentos longos e cansativos por outros curtos e menos fatigantes. Segundo Barnes (1977 p.1):

O estudo de movimentos e de tempos é o estudo sistemático dos sistemas de trabalho com os seguintes objetivos: (1) desenvolver o sistema e o método preferido, usualmente aquele de menor custo; (2) padronizar esse sistema e método; (3) determinar o tempo gasto por uma pessoa qualificada e devidamente treinada, trabalhando num ritmo normal, para executar uma tarefa ou operação específica; e (4) orientar o treinamento do trabalhador no método preferido.

O estudo de tempos e movimentos é uma forma de mensurar o trabalho de cada operador utilizando métodos estatísticos, pois faz uma análise detalhada de cada etapa do processo identificando os excessos e determinando o método mais eficiente para executá-lo. Esse estudo permite calcular o tempo padrão, em que estabelece os padrões e fornecem dados, define a produtividade, que é a capacidade de produzir, entre outros (MARTINS; LAUGENI, 2005; PEINADO; GRAEML, 2007).

Cronoanálise

Gaither e Frazier (2002, p.9) afirmam que as “cronometragens eram usadas para definir com precisão a produção padrão por trabalhador em cada tarefa. O produto esperado em cada tarefa era usado para planejar e programar o trabalho e para comparar diferentes métodos de executar as tarefas”.

Para Santos et al. (2017b) a cronoanálise tem como objetivo verificar os tempos para a realização de uma dada tarefa, a partir da análise do histórico de medições, identificar tempos ociosos, capacidade de produção e dentre outros, assim aumentando a produtividade e a eficiência do processo. Ela é capaz de mensurar a necessidade real de recursos humanos e máquinas determinando se é necessário ou não

a utilização desses recursos (CINTRA et al., 2017).

Avaliação do Ritmo

Barnes (1977) aborda alguns métodos para estabelecer o ritmo (também denominado velocidade) de um operador, pode-se citar como exemplos: o operador percorrer 4.827 metros com o tempo ideal internacional de uma hora, preencher uma tábua perfurada com trinta pinos em 25 segundos e a distribuição de 52 cartas em quatro pilhas iguais em 30 segundos. No método das cartas o operador deve sentar-se a mesa e distribuir de forma continua as cartas no sentido horário em quatro pilhas. Sendo cronometrado, esse procedimento deverá ser repetido por cinco vezes, descartando as duas primeiras medidas é possível fazer a média do tempo gasto do operador com as medidas subsequentes. O ritmo do operador é a obtido através da Equação 1:

$$V = \frac{TI}{TC}$$

Equação 1

Onde:

V = velocidade do operador

TI = tempo ideal

TC = tempo cronometrado

Com a velocidade determinada em porcentagem é possível classificar o ritmo do operador, de acordo com a classificação abaixo:

V = 100% - velocidade normal

V > 100% - velocidade acelerada

V < 100% - velocidade lenta

Determinação do Número de Ciclos

Segundo Martins e Laugeni (2005) e Peinado e Graeml (2007) para determinar o tempo de atividade não basta que seja realizada apenas uma cronometragem, é necessário realizar várias medições. Para determinar o número de ciclos ou cronometragens que devem ser realizados utiliza-se a Equação 2:

$$n = \left(\frac{z \times R}{E_r \times d_2 \times \bar{x}} \right)$$

Equação 2

Onde:

n = número de ciclos a serem cronometrados

z = coeficiente da distribuição normal padrão para uma probabilidade determinada

R = amplitude da amostra

E_r = erro relativo da medida

d_2 = coeficiente em função do número de cronometragens realizadas preliminarmente

\bar{x} = média da amostra

Para utilizar a Equação 2 é necessário realizar o cálculo da média da amostra \bar{x} e a amplitude da amostra R, para obter esses resultados é preciso realizar a cronometragem entre cinco e sete vezes. Também devem ser definidos os valores da probabilidade que varia entre 90% e 95% e do erro relativo desejado que varia entre 5% e 10%.

Os valores típicos para os coeficientes Z e d_2 são apresentados nas Tabelas 1 e 2:

Tabela 7 - Coeficientes de distribuição normal

Probabilidade (%)	90	91	92	93	94	95
Z	1,65	1,70	1,75	1,81	1,88	1,96

Fonte: Martins e Laugeni (2005, p. 88)

Tabela 8 - Coeficientes para calcular o número de cronometragens para distribuição normal

n	2	3	4	5	6	7	8	9	10
d_2	1,128	1,693	2,059	2,326	2,534	2,704	2,847	2,970	3,078

Fonte: Martins e Laugeni (2005, p. 88).

Fator de Tolerância

Slack, Brandon e Johnston (2015) definem tolerância como sendo o tempo básico permitido para que o operador se recupere dos efeitos físicos e psicológicos da realização de uma tarefa. Barnes (1977) afirma que essas interrupções podem ser classificadas em três tipos, sendo elas:

Tolerância pessoal – tempo reservado para as necessidades pessoais do operador, sendo classificada em primeiro lugar. Para definir a duração dessa tolerância deve ser considerado o tipo de trabalho, normalmente é utilizado entre 2% a 5% do tempo total de horas trabalhadas por dia.

Tolerância para fadiga – é o tempo reservado para o descanso do operador, após uma tarefa de esforço físico pesado. Quando o trabalho é pesado utiliza-se um intervalo no meio da manhã e no meio da tarde entre 5 (cinco) a 15 (quinze) minutos cada um.

Tolerância para espera – são esperas inevitáveis causadas por máquinas, operador ou fatores externos.

Segundo Martins e Laugeni (2005) as tolerâncias podem ser calculadas através da função do tempo de permissão que a empresa está disposta a conceder através da Equação 3:

$$FT = \frac{1}{(1 - P)}$$

Equação 3

Onde:

FT = fator de tolerância

P = permissão

Tempo Normal e Tempo Padrão

O tempo normal é simplesmente o tempo necessário para um operador qualificado executar uma operação com uma velocidade normal (BARNES, 1977). Esse tempo é obtido através da Equação 4:

$$TN = TC \times V$$

Equação 4

Onde:

TN = tempo normal

TC = tempo cronometrado

V = velocidade

Slack, Brandon e Johnston (2015) definem tempo padrão como tempo utilizado para realizar um trabalho em condições específicas, considerando o tempo normal para o trabalho e tolerâncias para o descanso e relaxamento do operador. O tempo padrão é definido através da Equação 5:

$$TP = TN \times FT$$

Equação 5

Onde:

TP = tempo padrão

TN = tempo normal

FT = fator de tolerância

Capacidade Produtiva

Peinado e Graeml (2007) afirmam que capacidade mencionada separadamente está ligada ao sentido de medida de competência, volume máximo ou quantidade máxima de algo, essas informações são fundamentais para todos os tipos e níveis de organização. A capacidade produtiva é um aspecto dinâmico da capacidade, em que a dimensão tempo é adicionada.

Capacidade produtiva de uma empresa define o seu potencial máximo para produzir bens/serviços em um período de tempo sob condições normais, ou seja, expressa a quantidade ideal para a produção sem levar em consideração as eventuais perdas do processo (SLACK; BRANDON; JOHNSTON, 2015). A capacidade produtiva é dimensionada através da Equação 6:

$$CP = \frac{TD}{TP}$$

Equação 6

Onde:

CP = capacidade produtiva

TD = carga horária diária de trabalho

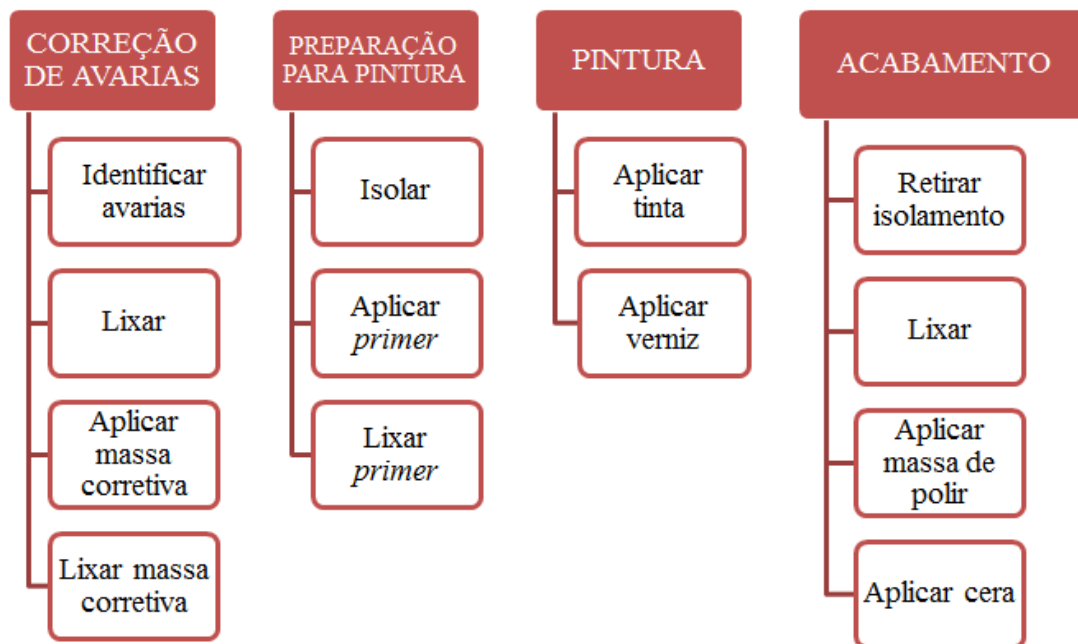
TP = tempo padrão

Metodologia

Para realizar o estudo de tempos e movimentos primeiro foi construído um fluxograma registrando as atividades do processo de funilaria automotiva. Em seguida

as atividades foram agrupadas em quatro macro etapas, para a descrição do processo utilizou-se informações da própria empresa e do site do fornecedor de produtos. A Figura 1 apresenta as macro etapas do processo:

Figura 1 - Esquema das macro etapas do processo de funilaria do para-choque



Fonte: Própria autoria (2018).

Após a compreensão do processo produtivo, foram registrados em uma planilha os tempos utilizados em cada etapa do processo de funilaria em para-choques, proporcionando os dados necessários para o desenvolvimento do estudo de Tempos e Movimentos. Então foram iniciados os cálculos para dimensionar a capacidade produtiva da empresa, aplicando as equações apresentadas no referencial teórico para determinar o ritmo do operador, número de ciclos a serem cronometrados, gráficos de controle, fator de tolerância, tempo normal, tempo padrão e capacidade produtiva.

Resultados e discussões

Para realizar a coleta das cronometragens para o cálculo do ritmo do operador foi escolhido o método das 52 cartas apresentado por Barnes (1977), em que os quatro funcionários distribuíram de forma contínua as cartas em quatro pilhas iguais. Cada funcionário realizou esse teste por sete vezes, conforme a orientação de Barnes (1977) foram excluídas as duas primeiras amostras. Para definir o ritmo do operador foi calculada a razão entre a média do tempo ideal de 30 segundos e o tempo cronometrado. A Tabela 3 mostra as cronometragens obtidas e o ritmo de cada operador.

Tabela 3 - Tempo cronometrado na distribuição das cartas e o ritmo do operador

Profissionais	Cronometragens (segundos)					Média	Ritmo (V)
	1º	2º	3º	4º	5º		
Trabalhador 1	28,84	29,79	27,59	27,75	27,85	27,73	1,08
Trabalhador 2	28,13	27,04	27,83	26,53	24,85	26,40	1,14
Trabalhador 3	26,73	28,05	29,73	29,02	29,33	29,36	1,02
Trabalhador 4	30,47	29,97	30,87	29,86	29,75	30,16	0,99

Fonte: Própria autoria (2018).

Analisando a Tabela 3 é possível verificar que somente o trabalhador 4 tem a velocidade lenta. Para o nosso estudo será considerado o ritmo do trabalhador 1, pois é o ritmo que está intermediário entre os três trabalhadores com ritmo acelerado.

Determinação do Número de Ciclos

Para a realização das cronometragens os processos foram avaliados seguindo as macro etapas apresentadas na Figura 1, nesta etapa foi utilizado um cronômetro digital e uma planilha para registro das anotações.

O tempo de espera foi calculado baseado na ficha técnica disponibilizada no site do fornecedor dos produtos utilizados pela empresa, sendo considerado o tempo de espera entre cada camada e o tempo de secagem do

produto. Devido o tempo de secagem de o verniz ser de 12 horas não foi considerado nesse estudo, pois enquanto aguarda a secagem do produto, o profissional realiza outras tarefas. Os dados obtidos são apresentados na Tabela 4.

Para determinar o número de ciclos necessários a serem cronometrados, utilizou-se a probabilidade de 95% e erro relativo de 5%, o cálculo foi realizado utilizando a Equação 2, resultando em:

$$n = 5,45 \cong 5$$

São então necessárias cinco cronometragens para que o estudo de tempo deste processo seja satisfatório, sendo assim foram excluídas as amostras 1 e 2 por apresentarem respectivamente o menor e maior valor.

Tabela 4 - Tempo cronometrado para funilaria no para-choque

ETAPA	Cronometragens (minutos)							MÉDIA
	1	2	3	4	5	6	7	
Correção de avarias	40	24	35	32	60	18	23	33
Preparação para pintura	40	56	61	64	56	71	49	57
Pintura	21	56	34	15	15	13	37	27
Acabamento	10	25	9	9	23	14	24	16
Esperas	204	204	204	204	204	204	204	204
Tempo total	315	365	343	324	358	320	337	337
Amplitude	50							

Fonte: Própria autoria (2018).

Fator de Tolerância

A empresa do estudo concede uma permissão de tempo de 60 minutos ao longo das 8 horas diárias de trabalho, para que o funcionário se recupere dos efeitos físicos e

psicológicos do trabalho. O percentual que essa permissão representa pode ser calculado como:

$$P = \frac{TP}{TD} = \frac{60}{480} = 0,13$$

O tempo de permissão representa 13% da carga horária de trabalho diária, com o tempo de

permissão definido, foi realizado o cálculo do fator de tolerância utilizando a Equação 3, resultando em:

$$FT = \frac{1}{(1 - 0,13)} = 1,14$$

O fator tolerância utilizado no estudo será de 1,14, esse resultado significa que 14% do tempo total da jornada de trabalho são direcionados para o descanso do trabalhador.

Tempo Normal e Tempo Padrão

Para a definição do tempo normal foi utilizada a soma das médias dos tempos de cada etapa do processo e o ritmo do trabalhador selecionado, o cálculo foi realizado através da Equação 4, tendo como resultado:

$$TN = 337 \times 1,08 = 363,96$$

O tempo normal para um funcionário qualificado executar, em um ritmo normal sem considerar o tempo para as tolerâncias, o processo de funilaria do para-choque é de 363,96 minutos.

Para estabelecer o tempo padrão foi considerado o tempo normal e o fator de tolerância, ele é calculado através da Equação 5:

$$TP = 363,96 \times 1,14 = 414,91$$

O tempo padrão para o processo é de 414,91 minutos, esse é o tempo necessário para um profissional qualificado realizar os processos, considerando o tempo para as permissões do descanso do trabalhador.

Capacidade Produtiva

O potencial máximo de produção da empresa estudada é estabelecido através da razão entre a carga horária diária de trabalho e o tempo padrão definido no estudo, através da Equação 6:

$$CP = \frac{480}{414,91} = 1,15$$

A capacidade produtiva diária de um trabalhador na empresa estudada de realizar o serviço de funilaria é de 1,15 para-choques ao dia. Esse serviço representa 48% do faturamento mensal da empresa, através dessa

informação este estudo considerou que dois trabalhadores, que representam 50% da mão de obra disponível, irão se dedicar apenas ao reparo de para-choque. Para dimensionar a capacidade produtiva mensal foi considerado cinco dias de trabalho na semana por quatro semanas ao mês.

CP mensal

$$= 1,15$$

× (*quantidade de trabalhadores*)

× (*dias da semana*)

× (*semanas no mês*)

$$CP \text{ mensal} = 1,15 \times 2 \times 5 \times 4 = 46$$

De acordo com o estudo a capacidade produtiva mensal da empresa com relação ao serviço de funilaria é de 46 para-choques por mês. Na empresa do estudo não há divisão de funcionários por tipo de peça a efetuar o serviço, logo não há uma rotina de trabalho para a realização de um serviço específico. Segundo informações cedidas pelo proprietário da empresa, em média são realizados serviços de funilaria em 42 para-choques por mês. Por tanto a proposta do estudo de selecionar dois trabalhadores para realizar somente esse serviço é satisfatória, deixando ainda uma sobra de 9% do tempo total dos trabalhadores para os meses em que a demanda é mais alta.

Conclusões

Neste estudo o objetivo de dimensionar a capacidade produtiva mensal da empresa em realizar o serviço de funilaria em para-choque, foi alcançado. Utilizando ferramentas como fluxograma, determinação do número de ciclos, gráficos de controle, avaliação de ritmo do operador, fator de tolerância, tempo normal e tempo padrão. Com o resultado obtido através dessas ferramentas foi possível estabelecer que dois funcionários da empresa se dediquem exclusivamente a este serviço, atendendo completamente a demanda mensal da empresa para este serviço.

Através do dimensionamento da capacidade produtiva a empresa obteve dados para realizar:

- Padronização dos processos;
- Gerenciar recursos;
- Tomar decisões;
- Previsão para entrega dos serviços;
- Otimização dos processos.

Para alcançar melhores resultados no estudo de tempos e movimentos, recomenda-se que esse estudo seja realizado em todos os serviços que a empresa oferece. Desta maneira será possível dimensionar a capacidade produtiva total da empresa e empregar melhores métodos de trabalho em todos os processos, reduzindo custos e aumentando a produtividade.

Durante o estudo de tempos e movimentos identificou-se também a necessidade da empresa em obter um novo *layout*, com o objetivo de melhorar o atendimento aos clientes e organizar a distribuição do arranjo físico. O desenvolvimento desse *layout* pode ser identificado como proposta para trabalhos futuros.

Referências

- BARNES, R. M. **Estudo de movimentos e de tempos: projeto e medida de trabalho**. 6. ed. São Paulo, SP: Blucher, 1977. 635p.
- CINTRA, K. M.; GUIMARÃES, H. M.; CUNHA, F. G.; FARIA, G.; MOREIRA, B. M. Aplicação do método de cronoanálise: um estudo de tempo e movimentos em um armazém. In: ENCONTRO MINEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 13, Juiz de Fora, MG, 2017. **Anais...** Juiz de Fora, MG: EMEPRO: 2017. p.624- 635.
- GAITHER, N.; FRAZIER, G. **Administração da Produção e Operações**. 8. ed. São Paulo, SP: Cengage Learning, 2002. 598p.
- MARTINS, P. G.; LAUGENI, F. P. **Administração da produção**. 2. ed. São Paulo, SP: Saraiva, 2005. p.1-27.
- PEINADO, J.; GRAEML, A. R. **Administração da Produção: Operações Industriais e de Serviços**. Curitiba, PR: UnicenP, 2007. 748p.
- SANTOS, L. DE O; SILVA, F. F. DA; CAVALCANTE, B. G. L; BARBOSA, S. N. DA S. Estudos de Tempos: Análise da Capacidade Produtiva da Operação da Produção de Picolés. In: Encontro Mineiro De Engenharia De Produção, 13, Juiz de Fora, MG, 2017. **Anais...** Juiz de Fora, MG: EMEPRO, 2017a. p. 58.
- SANTOS, L. N. O.; NASCIMENTO, N. S. S.; CARDIAL, H. F. M.; SANTANA, A. S.; ALMEIDA, G. R. O. Aplicação da Cronanálise para melhoria do Processo Produtivo numa fábrica de Eletroeletrônicos. In: Encontro Nacional De Engenharia De Produção, 37, Joinville, SC, 2017. **Anais...** Rio de Janeiro, RJ: ABEPRO, 2017b.
- SANTOS, T. S. dos; ALVES, L. F. Aplicação do estudo de tempos para a determinação da capacidade produtiva em uma pastelaria no município de Marabá – PA. In: Encontro Mineiro De Engenharia De Produção, 13, Juiz de Fora, MG, 2017. **Anais...** Juiz de Fora, MG: EMEPRO, 2017. p. 97.
- SLACK, N.; BRANDON-JONES, A; JOHNSTON, R. **Administração da produção**. 4. ed. São Paulo, SP: Atlas, 2015. 698p.

APLICAÇÃO DO LEAN MANUFACTURING NA REDUÇÃO DO DESPERDÍCIO EM UMA PROCESSADORA DE FRUTAS, LEGUMES E VERDURAS

LEAN MANUFACTURING APPLICATION TO WASTE REDUCE OF A FRUIT AND VEGETABLE PROCESSOR

Rafaela de Jesus Azavedo¹, Renata dos Santos Constant²

¹Centro Universitário Serra dos Órgãos, ²Universidade Federal Fluminense

Resumo

Alimentar-se nos dias atuais virou uma tarefa difícil com a correria diária, por isso os alimentos minimamente processados são uma boa escolha, são práticos e de rápido preparo, sendo a opção de muitos consumidores. Com isso as processadoras estão aproveitando essa oportunidade de crescimento, porém com o crescimento surgem problemas como o desperdício e para se manter no mercado é necessário ter melhorias nos processos. Diante desse cenário a filosofia *Lean Manufacturing* e as ferramentas da qualidade surgem como uma metodologia fundamental às empresas. A metodologia aplicada nesse trabalho foi a pesquisa bibliográfica como base, a pesquisa observatória por meio da visita à empresa onde se observou em quais processos ocorre o desperdício. Após a visita foi feita a análise para decidir quais ferramentas seriam propostas a fim de minimizar o desperdício. O objetivo desse trabalho foi apresentar uma proposta de otimização para uma processadora de frutas, legumes e verduras, a fim de identificar possíveis desperdícios no processo, minimizá-los e destiná-los corretamente, reduzindo custos e melhorando a produção.

Palavras-chave: *Lean Manufacturing*. Otimização Desperdício.

Abstract

Food today is a difficult task with daily rush, so minimally processed foods are a good choice, are practical and quick to prepare, being the option of many consumers. With this, the processors companies are taking advantage of this opportunity for growth, but with the growth arise problems like the waste and to stay in the market it is necessary improvements in the processes. In this scenario, Lean Manufacturing philosophy and quality tools emerge as a fundamental methodology for companies. The methodology applied in this work was the bibliographical research as base, the observatory research through the visitation to the company where it was observed in what processes the waste happens. After the visit the analysis was made to decide which tools would be proposed in order to minimize waste. The objective of this work was to present an optimization proposal for a fruit and vegetable processor in order to identify possible wastes in the process, minimize them and destine them correctly, reducing costs and improving production.

Keywords: Lean Manufacturing. Optimization. Waste.

Introdução

O ritmo de vida atual faz com que os consumidores tenham cada vez menos tempo para se dedicar à alimentação, preferindo alimentos que sejam saudáveis e, simultaneamente, de preparação fácil e rápida. Além dessas características, os consumidores exigem outros atributos, principalmente uma elevada qualidade sensorial e segurança, preferencialmente, sem aditivos. Com isso, as

empresas de processamento de alimentos, principalmente as de beneficiamento de frutas, legumes e verduras (FLV) aproveitam essa oportunidade de crescimento (SANTOS; OLIVEIRA, 2012).

O beneficiamento das frutas, legumes e verduras consiste, basicamente, na higienização, descascamento, corte, classificação, embalagem e resfriamento dos produtos *in natura*. Os alimentos são vendidos com maior valor agregado, proporcionando margens de lucro mais elevadas para os

produtores e as empresas de beneficiamento. Para o consumidor, as porções de legumes beneficiados agilizam a preparação de refeições e reduzem o desperdício de comida.

Sabe-se que as empresas de beneficiamento só utilizam alimentos de alta qualidade, isso significa que há uma seleção assim que os alimentos chegam para serem processados. Os que não estão totalmente perfeitos, ou seja, têm alguma mancha ou machucado são descartados. Isso gera uma grande perda. Alimentos que poderiam ser consumidos são jogados no lixo. Algumas partes do processo também geram perdas, como lixo orgânico, quantidades erradas e cortes errados, e não há um destino correto para todo esse excedente.

Porém existem medidas que podem minimizar e destinar corretamente todo o desperdício. A metodologia do *Lean Manufacturing* surgiu com o objetivo de reduzir o desperdício ao mesmo tempo em que aumenta a flexibilidade da produção e garante a qualidade dos produtos e serviços, possibilitando à empresa atender de maneira competitiva as necessidades de cada cliente, reduzindo principalmente os custos da produção.

O presente trabalho tem como objetivo apresentar uma proposta de otimização combinando a metodologia *Lean Manufacturing* e as ferramentas da qualidade em uma processadora de frutas, legumes e verduras. A fim de identificar possíveis desperdícios no processo, minimizá-los e destiná-los corretamente, reduzindo custos e melhorando assim a produção.

Referencial teórico

Qualidade e Ferramentas da Qualidade

De acordo com a norma ISO 9000:2000 (2000), qualidade é o “grau de satisfação de requisito (necessidades ou expectativas) dado por um conjunto de características intrínsecas”.

Nesse contexto, as ferramentas da qualidade podem ser definidas como técnicas

estatísticas e gerenciais que auxiliam na obtenção, organização e análises das informações necessárias para resolução dos problemas, utilizando dados quantitativos (TRIVELLATO, 2010). Segundo Isosaki e Nakasato (2009) as ferramentas da qualidade têm os seguintes objetivos:

- Facilitar a visualização e o entendimento dos problemas;
- Sintetizar o conhecimento e as conclusões;
- Desenvolver a criatividade;
- Permitir o conhecimento do processo;
- Fornecer elementos para o monitoramento dos processos;
- Permitir a melhoria dos processos.

Segundo Vasconcelos et al. (2009) as sete ferramentas do controle de qualidade desenvolvidas são: diagrama de Pareto, diagrama de causa-efeito (espinha de peixe ou diagrama de Ishikawa), histograma, folha de verificação, diagrama de dispersão, fluxograma e cartas de controle.

Lean Manufacturing

De acordo com Almeida (2007), a filosofia *Lean* parte do princípio que há desperdício em todos os lugares em uma organização e ele surge para identificar e eliminar o desperdício (atividades que não agregam valor) através da melhoria contínua, com o fluxo de material puxado pelo pedido do cliente.

De acordo com Slack (2009) existem sete tipos de desperdícios que devem ser analisados:

- Excesso de Produção
- Espera
- Defeito
- Movimento (desorganização do ambiente de trabalho)
- Transporte (movimentação de estoque e materiais)
- Processamento
- Estoque

Segundo Silva (2017) o *Lean Manufacturing* vai muito além de eliminar o

desperdício, buscando sempre a melhoria contínua nos processos da organização. Essa melhoria engloba desde troca de informações, arranjo físico, limpeza e organização até padronização e mapeamento de fluxo entre outros. Todas essas medidas, quando bem aplicadas, vão gerar a eliminação ou redução dos desperdícios.

Ferramentas do *Lean Manufacturing*

Just-in-time

É um sistema de programação para puxar o fluxo de produção e um sistema de controle de estoque. O objetivo do *Just-in-time* é identificar, localizar e eliminar os desperdícios relacionados a atividades que não agregam valor, reduzir estoque, garantindo um fluxo contínuo de produção (RIANI, 2006).

Mapeamento do Fluxo de Valor

Segundo Werkema (2006), Fluxo de Valor são todas as atividades, quer agreguem valor ou não, necessárias à produção, projeção e entrega dos produtos.

Manutenção Produtiva Total (MPT)

Tem como objetivo atingir a máxima eficiência, maximizando a vida útil dos equipamentos e máquinas, para que isso aconteça, é necessário unir supervisores, operadores e técnicos de manutenção (ALMEIDA, 2007).

Kanban

Segundo Riani (2006) é uma ferramenta de controle, um sinalizador entre o cliente e o fornecedor constituindo-se num método simples de controlar visualmente os processos. Através da utilização de pedaços cartões que listam o número do item de uma peça e também outras informações referentes ao processo. Tem por objetivo controlar e balancear a produção, controlar o fluxo de material, priorizar a produção, eliminar perdas, permitir a reposição de estoque baseado na demanda e fornecer

informações sobre o produto e o processo. O cartão funciona como o disparador da produção, coordenando a produção de todos os itens de acordo com a demanda e controlando visualmente a produção. Geralmente são utilizados dois tipos de cartões: o cartão de movimentação; que autoriza a retirada e movimentação das peças de um processo para outro; e o cartão de produção; que determina o tipo e a quantidade de peça que o processo deverá produzir (ALMEIDA, 2007).

Kaisen

De acordo com Delfino (2014) para a realização do *Kaisen* é necessário selecionar um processo, estudá-lo e documentá-lo, desenvolver um processo melhor, implementá-lo, avaliar resultados, documentá-los e repetir o processo continuamente de uma maneira cíclica.

Poka-Yoke

Segundo Ohno (1997), a palavra *Poka-yoke* significa à prova de erros. É usada para denominar dispositivos ou mecanismos simples, que são instalados em máquinas, ferramentas ou postos de trabalho, para se prevenir erros e descuidos, mesmo que haja insistência em fazer errado (SHINGO, 1996).

Andon

Segundo Moreira (2011), *Andon* ou Gestão Visual é um conceito do sistema de supervisão e gestão visual e é voltada para estimular e facilitar a colaboração entre pessoas de diferentes funções, no processo de discussões de problemas na empresa. É um sistema que funciona como um semáforo, quando as condições estão normais a luz verde fica acesa, quando se percebe algum problema que se não resolvido vai parar a produção, a luz amarela acende, isso significa que o operário está pedindo ajuda, por fim, quando a luz vermelha é acionada significa que o problema não foi resolvido e a linha de produção pára (OHNO, 1997).

SMART

Segundo Pinazza (2017) a ferramenta SMART é uma sigla em inglês e significa:

- *Specific*: o objetivo deve ser bem definido, específico, facilmente entendido.
- *Measurable*: o objetivo tem que ser medido para saber se foi alcançado ou não.
- *Attainable*: o objetivo deve ser ousado, porém alcançável.
- *Relevant*: o objetivo deve ser relevante o suficiente a ponto de promover uma grande alteração do ambiente inicial, sendo capaz de levar todos os envolvidos a cumprirem o objetivo.
- *Time-based*: o objetivo precisa de um prazo para ser alcançado.

PDCA

De acordo com Werkema (2006), essa ferramenta é um método gerencial de tomadas de decisões para garantir o alcance das metas necessárias à sobrevivência de uma organização. A sigla PDCA significa *Plan* (planejar), *Do* (fazer), *Check* (checar), *Act* (agir). O método é utilizado para identificar problemas, para a execução completa do PDCA as etapas que devem ser seguidas são: o **Planejamento** consiste em estabelecer metas e o método para alcançar as metas. **Execução** é executar as tarefas exatamente como foi previsto na etapa de planejamento e coletar dados que serão utilizados na próxima de verificação do processo. **Verificação** significa a partir de dados coletados na execução, comparar o resultado alcançado com a meta planejada. **Atuação corretiva**: baseia-se em atuar no processo em função dos resultados obtidos

Gemba Walk

A palavra *Gemba* significa “verdadeiro lugar”, onde as coisas realmente acontecem na empresa e esse lugar é o chão de fábrica, e que

é extremamente importante para entender as possíveis oportunidades de melhoria, visto que as pessoas que trabalham ali acompanham todos os dias os processos que acontecem. Muitas vezes os gestores falham na hora da tomada de decisão, pois ignoram essa parte de produção. Não levam em conta todo o conhecimento que pode ser adquirido ao conversar com aqueles que estão no chão de fábrica lidando com o processo todos os dias, que conhece as falhas e que podem ter ideias que podem resolver os problemas. A prática regular do *Gemba Walk* é muito importante para os gestores e com as adaptações necessárias, esta ferramenta é aplicável em todos os contextos e setores, desde as indústrias até empresas que fornecem serviços (LIKER; JONES, 2014).

Heijunka

De acordo com Almeida (2007), é um conceito ligado à programação de produção e que significa programação nivelada. Um dos objetivos do *Heijunka* é diminuir as irregularidades da procura comercial produzindo pequenos lotes de vários modelos diferentes na mesma linha. (MOREIRA, 2011).

Jidoka

Jidoka ou autonomia significa automação com toque humano. O objetivo da Autonomia é prevenir a geração e a propagação de defeitos na produção. O conceito de autonomia está mais ligado com autonomia do que com automação, permite ao operador ou a máquina a autonomia de bloquear o processo sempre que detectar alguma anormalidade. (SILVA; SANTOS, 2010).

Análise de Causa Raiz

A ferramenta tem o objetivo de analisar e identificar as causas mais profundas de problemas, eliminando a origem do problema, trazendo melhorias significativas em relação ao rendimento do processo pelo fato de realmente ajudar a eliminar problemas, reduzindo consideravelmente a taxa de ocorrência de

eventos indesejáveis. A análise de causa raiz é uma das ferramentas de gerenciamento usada para construir uma efetiva melhoria na qualidade e produtividade de produto e de processo (DOBASHI; CORRÊA, 1999).

5 Sensos (5S)

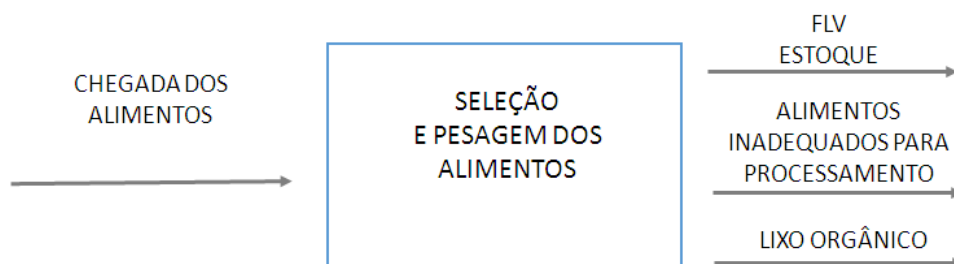
A sigla 5S são palavras japonesas que significam:

- *Seiri* – Senso de Utilização: consiste em decidir o que é necessário e eliminar o que não é necessário.
- *Seiton* – Senso de Ordenação: Este senso consiste em colocar tudo em ordem e com fácil acesso.
- *Seiso* – Senso de Limpeza: consiste em eliminar o lixo e a sujeira, fazer uma faxina geral, tornar problemas fáceis de serem localizados.
- *Seiketsu* – Senso de Saúde: é importante determinar regras para eliminar todas as causas de desordem, como estabelecer um sistema de controle visual, tornar o local de trabalho de fácil manutenção incorporando os três primeiros S's, criando um ambiente de trabalho harmonioso e cuidar sempre da saúde e higiene pessoal.
- *Shitsuke* – Senso da Autodisciplina: consiste em disciplinar a prática dos S's anteriores, mantendo todas as melhorias feitas (RIANI, 2006).

Metodologia

A metodologia deste trabalho é composta por 5 etapas:

Figura 1 - Fluxo de entrada e saída do processo de Recepção e Seleção



Etapa 1 - Visitação ao local, coleta de informações, através de conversa com os funcionários da empresa, e observação.

Etapa 2 - Descrição do processo: para cada processo analisado foi construído um fluxograma com as entradas e saídas do processo.

Etapa 3 - Identificação dos desperdícios do processo: com o fluxograma foi possível visualizar o desperdício, e assim foi construído um diagrama de causa e efeito para mapear as possíveis causas que levam ao desperdício.

Etapa 4 - Análise dos desperdícios: foi feita a análise dos sete desperdícios de acordo com o *Lean Manufacturing* e foram identificados quais os desperdícios a empresa possui.

Etapa 5 – Proposição de Melhorias com base nas ferramentas da qualidade.

Estudo de caso

Coleta de Dados e Descrição dos Processos

Esse estudo foi realizado em uma empresa processadora e distribuidora de frutas, legumes e verduras, de porte médio, localizada na cidade de Teresópolis. Através de uma visita realizada na empresa foi possível identificar a realização de três processos principais: recepção e seleção; descasque, lavagem e sanitização, e por fim processamento, seleção e embalagem. As Figuras 1, 2 e 3 apresentam respectivamente o fluxograma de entradas e saídas de cada um dos processos.

Figura 2 - Fluxo de entrada e saída do processo de Descasque, Lavagem e Sanitização

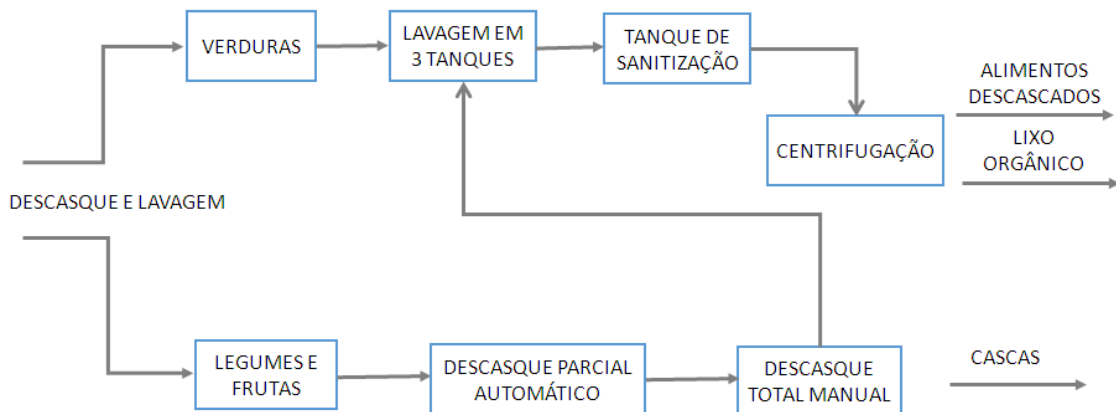
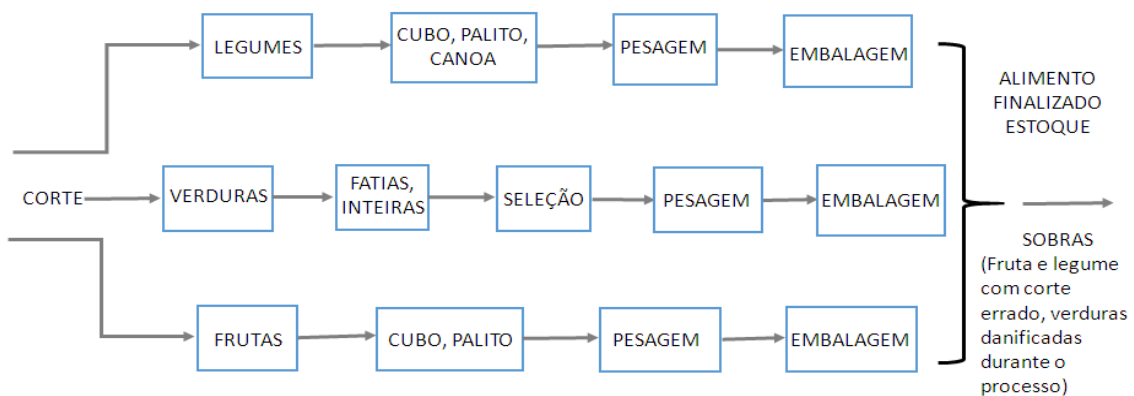


Figura 3 - Fluxo de entrada e saída do processo de Processamento, Seleção e Embalagem

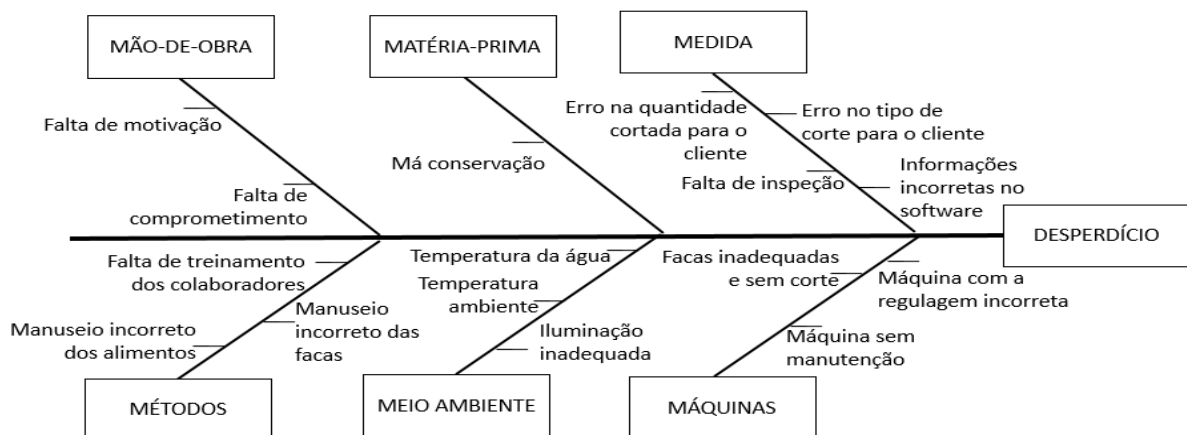


Identificação e Análise dos Desperdícios

De maneira a facilitar a análise foram utilizados a ferramenta da qualidade, diagrama de causa e efeito, com o intuito de identificar as possíveis causas do desperdício e o efeito

provocado no processo produtivo. Para cada processo, as causas e os efeitos foram unificados em um diagrama global (Figura 4) representando as potenciais causas do desperdício no setor produtivo estudado.

Figura 4 - Diagrama de Causa e Efeito Global



Através da classificação de desperdícios do *Lean Manufacturing* foi realizada uma análise dos principais desperdícios encontrados.

A Tabela 1 apresenta a relação entre os sete desperdícios e quais foram encontrados na empresa.

Tabela 1 – Relação entre os sete desperdícios e os desperdícios mapeados

DESPERDÍCIO	PERDA	ANÁLISE
Superprodução	Não há perdas	Os produtos chegam ao estoque com o pedido de cada cliente
Espera	Não há perdas	Não há espera
Transporte	Não há perdas	O layout é adequado
Movimentação	Não há perdas	As ferramentas estão perto
Processamento	Casca; FVL inadequados para processamento; sobras (corte errado, danos no decorrer do processo)	Má conservação dos fornecedores; Informações erradas
Estoque	Não há perdas	Produzido de acordo com cada cliente
Defeito	Não há perdas	Não há defeito

Proposição de Melhorias

A proposição de melhorias foi realizada através da elaboração de planos de ação, de acordo com a ferramenta 5W2H. Segundo Grosbelli (2014), o uso desta ferramenta permite que as ações estabelecidas sejam

desenvolvidas com maior clareza possível e funcionam também para o mapeamento dessas atividades, com o objetivo de responder e organizar as questões. É uma ferramenta simples, objetiva e orientada à ação. A Figura 5 exemplifica o uso da ferramenta.

Figura 5 – Ferramenta 5W2H

5W2H		
5W	What? (O que)	Que ação será executada?
	Who? (Quem)	Quem irá executar a ação?
	Where? (Onde)	Onde será executada a ação?
	When? (Quando)	Quando a ação será executada?
	Why? (Por que)	Por que a ação será executada?
2H	How? (Como)	Como será executada essa ação?
	How much? (Quanto custa)	Quanto custará para executar a ação?

Fonte: Grosbelli, 2014

Para a criação dos Planos de Ação foram utilizadas as seguintes ferramentas do *Lean Manufacturing*:

- SMART: a proposta é utilizar os objetivos SMART para criar objetivos claros e diretos com foco em diminuir o desperdício.

- *Gemba Walk*: o objetivo é propor que o presidente e os gestores andem pelo chão de fábrica, a fim de conversar com os operários sobre o processo, entender como funciona e onde ocorrem os desperdícios, com o objetivo

de facilitar a identificação dos processos que geram desperdícios e outros tipos de problemas, buscando uma solução específica para cada problema.

- Análise de Causa Raiz: a proposição é fazer a análise para encontrar a origem do problema, realizado através do diagrama de causa e efeito apresentado na Figura 4.

- 5S: o objetivo de propor o 5S é que haja mais organização na empresa, melhorando a eficiência através da destinação adequada dos

materiais, separando o que é necessário do que não é necessário, organizando desde a área de seleção até o estoque refrigerado e os caminhões. Aumentando a produtividade pela redução da perda de tempo procurando por objetos, reduzindo despesas e aproveitando melhor os materiais, melhorando a qualidade dos produtos e do ambiente de trabalho.

- PDCA: a proposta é utilizar o método englobando todas as ferramentas anteriores na busca da melhoria contínua, fazendo planejamento de todo o processo, identificando, analisando, definindo metas e objetivos,

Tabela 2 - Plano de Ação 1 - Mão-de-obra - Falta de motivação e comprometimento

O que	Conscientização da importância do funcionário para a empresa
Por que	Para aumentar a motivação e comprometimento
Quem	Presidente e diretores
Quando	Médio prazo
Onde	Em toda empresa
Como	- Identificar motivos de insatisfação - Trabalhar com metas - Bonificação por metas alcançadas
Quanto custa	Custo médio

Tabela 3 - Plano de Ação 2 - Máquinas - Falta de manutenção e regulagem

O que	Plano de Manutenção de Máquinas
Por que	Aumentar a vida útil, diminuir desperdícios provenientes de falhas
Quem	Gerente de manutenção
Quando	Imediato
Onde	Nas máquinas
Como	- Identificar as máquinas que não tem plano de manutenção - Priorizar as máquinas que precisam de manutenção - Manutenção Preventiva
Quanto custa	Custo médio

Tabela 4 - Plano de Ação 3 - Métodos - Manuseio incorreto dos alimentos e das ferramentas

O que	Capacitação dos Funcionários no uso das ferramentas
Por que	Diminuir erros por falta de treinamento
Quem	Gerente de produção
Quando	Imediato
Onde	Na produção
Como	- Treinamento para os funcionários sobre como manusear as ferramentas e os alimentos
Quanto custa	Custo baixo

traçando planos de ação para atingir os objetivos, executando os planos de ação, verificando se o que está sendo executado conforme o que foi planejado e se não estiver corrigindo para que seja cumprido como foi planejado. Criando assim um ciclo de melhorias.

A seguir, nas Tabelas 2 a 6 são apresentados os Planos de Ação desenvolvidos para a empresa processadora e distribuidora de frutas, legumes e verduras baseados nos conceitos e ferramentas no *Lean Manufacturing*.

Tabela 5 - Plano de Ação 4 - Matéria-prima - Desperdício antes e durante o processamento

O que	Redirecionar e aproveitar o que é desperdiçado
Por que	Evitar que vá para o lixo alimentos que podem ser utilizados
Quem	O responsável por descartar os alimentos
Quando	Imediato
Onde	Na produção
Como	<ul style="list-style-type: none"> - Fazer uma reunião com alta diretoria - Mapear todo o processo produtivo - Apresentar os principais desperdícios - Redirecionar o desperdício para que seja feito a compostagem - Aproveitar os alimentos que podem ser consumidos - Quantificar as perdas - Buscar estratégias para agregar valor aos rejeitos
Quanto custa	Custo médio

Tabela 6 - Plano de ação 5 - Meio Ambiente - Temperatura ambiente, da água e iluminação inadequada

O que	Monitoramento da temperatura e da iluminação
Por que	Evitar que os alimentos se deteriorem por calor excessivo e maior conforto para os colaboradores
Quem	Gerente geral
Quando	Longo prazo
Onde	Na produção
Como	<ul style="list-style-type: none"> - Controle de temperatura e iluminação através de sistema de controle - Troca de lâmpadas
Quanto custa	Custo alto

Tabela 7 - Plano de Ação 6 - Medida - Informações imprecisas

O que	Inspeção nos processos
Por que	Ter certeza do tipo de pedido de cada cliente
Quem	Gerente de produção
Quando	Longo prazo
Onde	Em toda a empresa
Como	<ul style="list-style-type: none"> - Inspeção no software - Treinamento para utilizar o software
Quanto custa	Custo alto

Conclusões

O presente trabalho apresentou propostas de como minimizar e direcionar os desperdícios de uma melhor forma. Foi utilizado Fluxograma adaptado para construção dos processos de entrada e saída de cada processo, a partir do Fluxograma foi elaborado um Diagrama de causa e efeito para análise dos desperdícios,

seguido dos Planos de ação para definição das estratégias a serem adotadas pela empresa. Os Planos de Ação foram elaborados através da utilização do conceito e do uso das ferramentas do *Lean Manufacturing*. Para este estudo em específico foram utilizadas: objetivos SMART, 5S, *Gemba Walk*, Análise de Causa Raiz, PDCA.

Através do estudo realizado, foi possível perceber que grande parte do desperdício da

empresa está relacionada ao processamento, desde a seleção das FLV até a embalagem. Com a implementação dos planos de ação sugeridos, espera-se que a empresa consiga diminuir os desperdícios, tendo melhores resultados na sua produção.

Os princípios do *Lean Manufacturing* e as ferramentas da qualidade se complementam, são muito eficientes e tem um impacto positivo quando aplicados corretamente, além da eliminação de desperdícios auxiliam na tomada decisões e no controle dos processos sempre prezando pela qualidade.

Para trabalhos futuros recomenda-se o estudo detalhado do processo produtivo e a aplicação das ferramentas do *Lean* e as ferramentas da qualidade. Estudo quantitativo das perdas em peso de material e custos.

Referências

- ALMEIDA, C. A. **IMPLANTAÇÃO DA MANUFATURA ENXUTA EM UMA CÉLULA DE PRODUÇÃO**. 2007. 78f. Monografia (Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas) - Universidade do Estado de Santa Catarina, Santa Catarina, 2007.
- DELFINO, E. L. M. **O ESTUDO DA PRODUÇÃO ENXUTA NA ELIMINAÇÃO DE DESPERDÍCIOS E SUA APLICAÇÃO EM UMA EMPRESA DE GELADOS COMESTÍVEIS**. 2014. 62f. Monografia (Engenharia de Produção) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais, Minas Gerais, 2014.
- DOBASHI, T. CORRÊA, F. **ANÁLISE DE CAUSA RAIZ: TÉCNICAS E APLICAÇÕES** Disponível em <<https://www.ipen.br/biblioteca/cd/inac/1999/PDF/CG06AD.PDF>> Acesso em: 30 Out. 2018.
- GROSBELLI, A.C. **Proposta de melhoria contínua em um almoxarifado utilizando a ferramenta 5w2h**. 2014. 52f. Monografia (Engenharia de Produção) - da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Paraná, 2014.
- ISOSAKI, M. NAKASATO, M. **Gestão de Serviço de Nutrição Hospitalar**. 1ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009. 380p.
- LIKER J. JONES D. **Starting The Leadership Journey**. Disponível em <<https://www.theleanedge.org/255874-dan-jones-starting-the-leadership-journey/>> Acesso em: 20 Out. 2018.
- MOREIRA, S. P. S. **Aplicação das Ferramentas Lean. Caso de Estudo**. 2011. 113f. Dissertação (Engenharia Mecânica) – Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Portugal, 2011.
- NORMA NBR ISO 9000:2000– **Sistemas de Gestão da Qualidade – Fundamentos e Vocabulário**. 2000. Disponível em: <<http://www.standardconsultoria.com/f/files/814048ce04d8cdf2b1ba9438be31009791895463.pdf>>. Acesso em: 20 abr 2018
- OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção: Além da produção em larga escala**. 1ª ed. Porto Alegre: Bookman, 1997. 150p.
- PINAZZA, M. **SMART: Como definir metas e alcançar grandes objetivos**. Disponível em <<http://movimentoimpactoglobal.com.br/smart/>> Acesso em: 20 Out. 2018.
- RIANI, A. M. **Estudo de caso: o Lean Manufacturing aplicado na Becton Dickinson**. 2006. 52f. Monografia (Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Minas Gerais, 2006.
- SANTOS, J. S. OLIVEIRA, M. B. P. P. Revisão: alimentos frescos minimamente processados embalados em atmosfera modificada. Braz. J. Food Technol. [online]. 2012, vol.15, n.1, pp.1-14. ISSN 1981-6723. <http://dx.doi.org/10.1590/S1981-67232012000100001>.
- SHINGO, S. **Sistema Toyota de Produção do ponto de vista da Engenharia de Produção**. 1ª ed. Porto Alegre: Bookman, 1996. 282p.
- SILVA, J. L. Aplicação das ferramentas da qualidade para melhoria de processos produtivos estudo de caso em um centro automotivo. In: ENCONTRO NACIONAL DE

ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 37, 2017, Joinville, 2017.

SILVA, M. G. SANTOS, A. R. Conceitos e práticas da autonomia em uma empresa eletrônica brasileira: um estudo de caso. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 30, 2010, São Carlos, 2010.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. 3ª Ed. São Paulo: Editora Atlas S.A., 2009. 703p.

TRIVELLATO, A, A. **Aplicação das sete ferramentas básicas da qualidade no ciclo PDCA para melhoria contínua: estudo de caso numa empresa de autopeças**. 2010. 73f. Monografia (Graduação em Engenharia de

Produção Mecânica) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010.

VASCONCELOS, D.S.C. SOUTO, M. S. M. L. GOMES, M. L. B. MESQUITA, A. M.A utilização das ferramentas da qualidade como suporte a melhoria do processo de produção - estudo de caso na indústria têxtil. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 29, 2009. Salvador. 2009.

WERKEMA, C. **Ferramentas estatísticas básicas para o gerenciamento de processos**. 1ª ed. Belo Horizonte: Werkema Editora Ltda, 2006. 302p.

ESTUDO DE CASO EM UMA CERVEJARIA DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO UTILIZANDO CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSO

CASE STUDY IN A BREWERY IN THE STATE OF RIO DE JANEIRO USING STATISTICAL PROCESS CONTROL

Danielle Ferreira dos Santos^{1,2}, Bruno Ricardo Viana¹, Rafael Cezar Menezes¹

¹CCT – UNIFESO, ²Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ

Resumo

A indústria cervejeira no Brasil sempre teve representativa importância na criação de novos polos econômicos, integrando as regiões e desenvolvendo-as. O estudo em questão foi desenvolvido e aplicado numa indústria de bebidas do Estado do Rio de Janeiro. O estudo tem como base a utilização e aplicação do Controle Estatístico do Processo (CEP). Será avaliado o processo de envasamento de cerveja, sendo o processo estratificado através de gráficos. Com os resultados dos gráficos será possível analisar o processo, possibilitando assim identificar e sugerir oportunidades de melhorias para o mesmo. Para análise do processo será utilizado o Controle Estatístico de Processo e Cartas ou Gráfico Controle. Para identificação de causas especiais, utilizou-se as principais ferramentas da Qualidade.

Palavras chave: Cerveja, Qualidade, Controle Estatístico de Processo.

Abstract

The brewing industry in Brazil has always had a significant importance in the creation of new economic poles, integrating the regions and developing them. The study in question was developed and applied in a beverage industry in the State of Rio de Janeiro. The study is based on the use and application of Statistical Process Control (SPC). The process of beer bottling will be evaluated, and the process will be stratified through graphics. With the results of the graphs, it will be possible to analyze the process, thus identifying and suggesting opportunities for improvement. For the analysis of the process will be used the Statistical Control of Process and Charts or Control Chart. For identify special causes, the main quality tools were used.

Keywords: Beer. Quality. Statistical Process Control.

Introdução

A indústria cervejeira exerce um papel importante na economia Brasileira, sendo responsável pela criação de novos polos econômicos, pela formação de empregos e contribuindo consideravelmente pelo crescimento do país, além de coadjuvar com 1,6% do PIB Brasileiro em 2015 (CERVBRASIL, 2016).

Para que a qualidade de um processo seja atendida é imprescindível fazer uso das Ferramentas da Qualidade para a melhoria contínua do processo. As ferramentas da Qualidade foram concebidas para auxiliar e facilitar no auxílio da identificação e solução dos problemas. Tais ferramentas analisam fatos e dados quantitativos ou elementos qualitativos

que proporcionam uma tomada de decisão fidedigna. Estas tomadas de decisões podem ser cruciais para sanar problemas no processo, relacionados à qualidade. (CARVALHO; ABREU; ALVES, 2015).

O Controle Estatístico de Processo (CEP) é uma poderosa ferramenta que auxilia no monitoramento, gerenciamento, análise e na melhora do processo através de métodos estatísticos. O principal objetivo do CEP é obter um detalhamento aprofundado do processo, com a perspectiva de apurar a variabilidade do processo, sendo essas variabilidades resultantes de causas comuns ou causas especiais.

O presente trabalho tem como objetivo analisar o estado do processo da linha estudada, por meio da utilização de gráficos de controle,

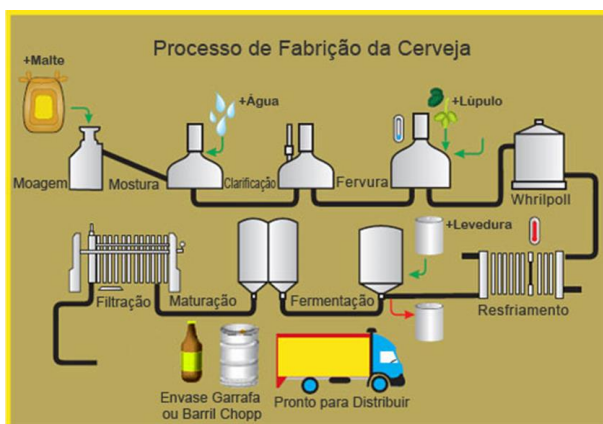
buscando mensurar e qualificar as variáveis incidentes no processo de envasamento de cerveja, monitorando especificamente o percentual de Gás Carbônico dissolvido presente na garrafa de cerveja. Também será realizado estudo para verificar a capacidade do processo, ou seja, o quanto o processo será capaz de produzir atendendo as especificações pré-estabelecidas. O estudo em questão foi desenvolvido e aplicado em uma linha piloto de uma cervejaria do Estado do Rio de Janeiro.

Processo de produção da cerveja

O processo produtivo da cerveja pode ser agrupado pelas seguintes etapas: fabricação do mosto, fermentação, maturação, filtração e engarrafamento. Não se considera o processo de malteação, pois, poucas cervejarias produzem seu próprio malte e na sua grande maioria compram o malte pronto para a produção de cerveja (KUNZE, 2006).

O processamento industrial de cerveja pode ser desmembrado em oito operações essenciais: moagem do malte; mosturação; filtração do mosto; fervura do mosto; tratamento do mosto (remoção do precipitado, resfriamento e aeração); fermentação; maturação/clarificação e envasamento (CURI, 2006). A Figura 1 ilustra as diferentes etapas para a fabricação de cerveja.

Figura 1: Processo de produção da cerveja



Fonte: Bierebeer, 2016.

Controle estatístico de processo (CEP)

O Controle Estatístico de Processo (CEP) reúne ferramentas para o monitoramento da qualidade, primeiramente se faz uma coleta continuada de dados amostrais, realizando assim, a análise destes dados e interpretação. Com o auxílio de ferramentas da Qualidade, se faz uma descrição detalhada do comportamento do processo, podendo identificar a variabilidade dos processos, possibilitando realizar todo controle sobre o processo, identificando possíveis causas e criando ações para sanar ou diminuir tais causas que são responsáveis pela instabilidade do processo (LIMA et. al, 2006).

Basicamente o CEP reúne técnicas que analisam todas as alterações no processo produtivo, determinando a frequência que ocorre e o mais importante, auxilia para determinar a origem e natureza do problema. A análise dessas alterações é fundamental, sendo feita através da mensuração das variáveis relevantes ao processo, podendo também ser feita através do número de defeitos por peças ou grupo de peças e pelo número de peças defeituosas por amostra, os resultados são expressos em termos absolutos ou relativos (PALADINI et al., 2012).

Com a implantação do CEP, podem-se ter melhores processos de produção, diminuindo a variabilidade, propiciando melhorias imediatas e de longo prazo na qualidade dos resultados na produção, consequentemente melhorando produtos ou serviços e junto com as melhorias dos processos, podem vir menores custos para produção (PALADINI et al., 2012).

São inúmeros os benefícios que o CEP traz para o processo, segundo Soares (2001) dentre eles estão:

- Amplo conhecimento do processo;
- Aumento da produção;
- Redução do custo unitário;
- Diminuição de produtos defeituosos e refugo;
- Economia na utilização de insumos;
- Redução dos GAP's na produção;

- Redução de atrasos no processo produtivo;
- Satisfação dos clientes, com isso, menor número de reclamações.

Estudo de caso

A empresa estudada trata-se de uma indústria do ramo cervejeiro, fundada no ano de 1994, está presente em quase todo território nacional, através de sete fábricas espalhadas pelo Brasil e centros de distribuição.

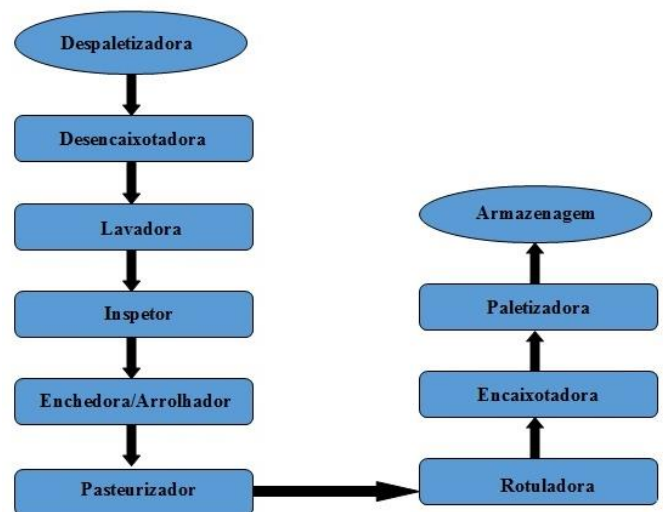
Descrição do processo estudado

O enfoque deste estudo foi a aplicação dos Gráficos de Valores Individuais e de Amplitude Móvel a partir do monitoramento de processos no setor de Envasamento.

Santos (2005) salienta que no setor de envasamento ocorrem as maiores perdas na produção, também é o processo que exige maior contingente. Nesta fase é necessário extremo cuidado para que não ocorra perda de gás carbônico do produto, bem como o contato da cerveja com oxigênio, tais ocorrências podem comprometer a qualidade do produto. Na fábrica em questão existem cinco linhas de envasamento de cerveja, sendo três linhas de envasamento de latas e duas linhas de envasamento de garrafas, o objeto de estudo será uma linha de garrafa que é responsável por grande parte da produção da unidade, em torno de 40.000 garrafas por hora. A fábrica em questão tem capacidade nominal para produção de 2.880.000 de hectolitro de cerveja por ano.

Na Figura 2 foi ilustrado o processo de envasamento de garrafas, do qual foi o objeto de estudo deste trabalho.

Figura 2: Fluxograma do Processo de Envasamento de Garrafas



Fonte: Acervo pessoal, 2017.

Objeto de Estudo e Característica da Qualidade Estudada

O Controle de Qualidade da empresa estudada é responsável por monitorar todo o processo de produção da cerveja, desde a matéria-prima até o produto acabado, o Controle de Qualidade é responsável por realizar as análises das características da qualidade que impactam de certa forma na qualidade do produto em elaboração ou no produto acabado.

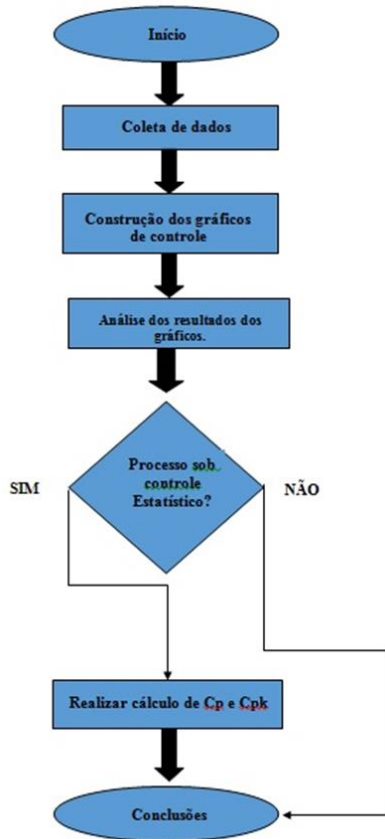
Descrição dos Métodos de Pesquisa

São aplicadas quatro etapas metodológicas de pesquisa, como pode ser observado na Figura 3. A primeira etapa trata da coleta de dados junto à empresa. Na sequência, tem-se a elaboração dos Gráficos de Controle para Valores Individuais e de Amplitude Móvel. Os resultados obtidos são analisados, sendo verificado se o processo está ou não sob controle estatístico. Se o mesmo estiver sob controle estatístico será realizado o cálculo dos índices de C_p e C_{pk} .

O Controle de Qualidade realiza as análises de acordo com o Plano de Amostragem que é executado em concordância com a frequência analítica para cada fase do processo de produção de cerveja. A frequência analítica

é definida pelo Laboratório corporativo do grupo, nela estabelece-se quais características devem ser analisadas ou inspecionadas, assim como a periodicidade.

Figura 7: Metodologia utilizada na pesquisa



Fonte: O autor, 2017.

Após a obtenção dos gráficos foi possível realizar a análise dos índices e verificar se o

processo estudado está sob controle estatístico e correção dos pontos falhos do processo.

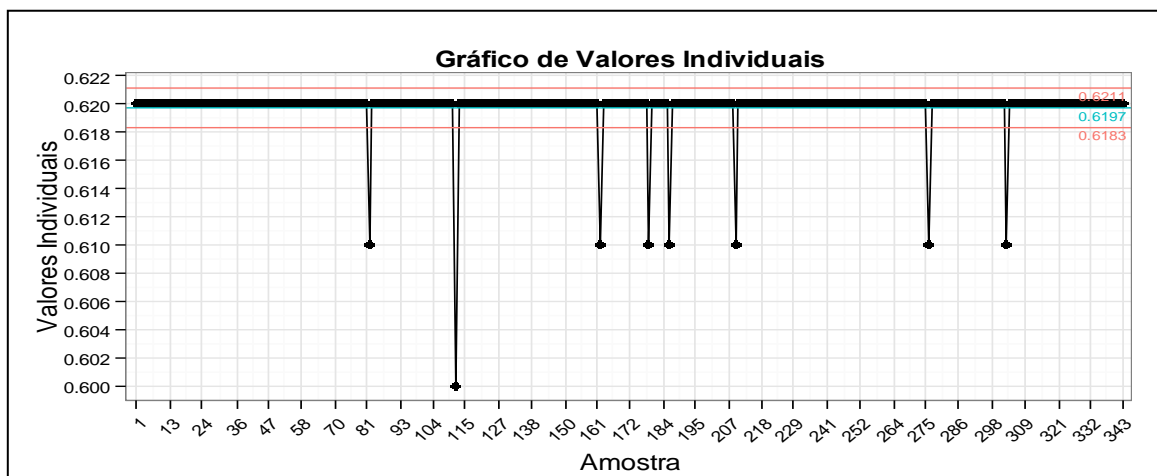
Resultados e discussão

Foi realizada a coleta das amostras de bicos aleatórios, pois o modelo da enchedora utilizado não possibilita a identificação de qual bico de enchimento é oriunda a garrafa. Outro ponto importante é saber que existe um padrão mínimo e máximo para a característica da qualidade estudada, pré-estabelecido pelo Controle de Qualidade, onde a faixa de trabalho permitida do CO₂ é de 0,58% até 0,62% na garrafa, independente do volume.

De acordo com as Figuras 4 e 5 de valores individuais e de amplitude móvel observa-se que o processo segue um comportamento instável, pois há pontos fora dos limites de controle. No gráfico de valores individuais, existem oito amostras fora dos limites de controle e a mesma quantidade foi encontrada para o gráfico de amplitude móvel. Os resultados apresentados nos gráficos evidenciam que existem causas especiais atuando no processo e estas têm de ser corrigidas.

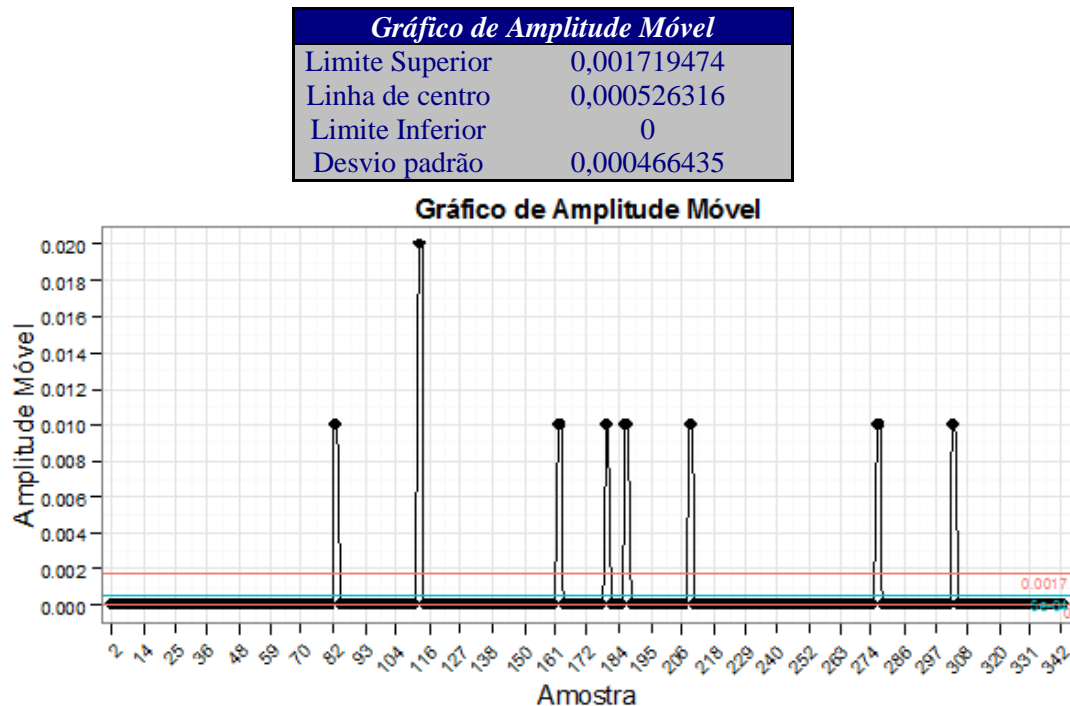
Figura 4: Gráfico de valores individuais

<i>Gráfico de Valores Individuais</i>	
Limite Superior	0,621136914
Linha de centro	0,619737609
Limite Inferior	0,618338305



Fonte: Acervo pessoal, 2017.

Figura 5: Gráfico de amplitude móvel



De acordo com os gráficos de valores individuais e de amplitude móvel observa-se que o processo segue um comportamento instável, pois há pontos fora dos limites de controle. No gráfico de valores individuais, existe oito amostras fora dos limites de controle, mesma quantidade foi encontrada para o gráfico de amplitude móvel. Os resultados apresentados nos gráficos indicam que existem causas especiais atuando no processo e estas têm de ser corrigidas imediatamente.

Outro ponto relevante no gráfico de valores individuais é que não existe variabilidade no processo da característica estudada, pois 97,66% dos resultados apresentados no gráfico de valores individuais estão concentrados próximos ao Limite Superior Especificado, vale ressaltar que o valor máximo aceitável pelo Controle de Qualidade da unidade para o CO₂ na garrafa é de 0,62%.

Gráfico Controle após Implantação das Melhorias no Controle de Qualidade

Após a aplicação de técnicas como Brainstorming, 5 Porquês, Diagrama de Causa

e Efeito para identificação das causas especiais, ficou evidente que o processo de envasamento de cerveja é sensível a diversos fatores passíveis de alteração nos resultados do CO₂ na garrafa.

Primando por sequenciar os elementos de maior impacto na problemática, os elementos de: mão de obra, método de execução das tarefas, maquinário e meio ambiente foram determinados por possuírem forte ligação intrínseca na etapa de envasamento e, conseqüentemente, interferindo na concepção final do resultado. Dessa forma, o descumprimento de instruções de trabalho, a falta de treinamento, a ausência de supervisão, métodos obsoletos podem ser possíveis agentes causadores das causas especiais.

Com base nas causas identificadas e analisadas, foram implementadas melhorias para o processo estudado com o intuito de mitigar ou anular os problemas identificados.

De acordo com os gráficos de valores individuais, Figura 6, e de amplitude móvel, Figura 7, observa-se que o processo segue comportamento estável, pois, em ambos os gráficos não há pontos fora dos limites de controle e ocorre uma variação normal, inerente ao processo. Pode-se afirmar que o processo

está sob controle estatístico. Isso indica que as causas especiais que estavam atuando no processo foram eliminadas, com isso, há

somente causas comuns atuando no processo de envasamento da cerveja.

Figura 6: Gráfico de Valores Individuais (Pós Melhorias)

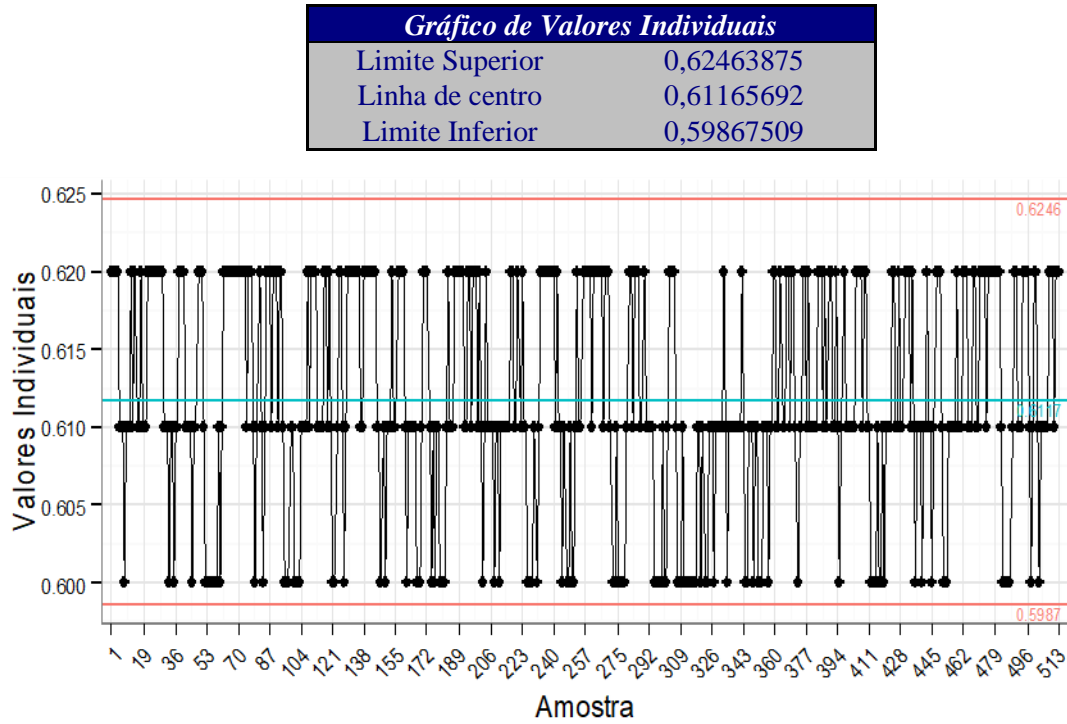
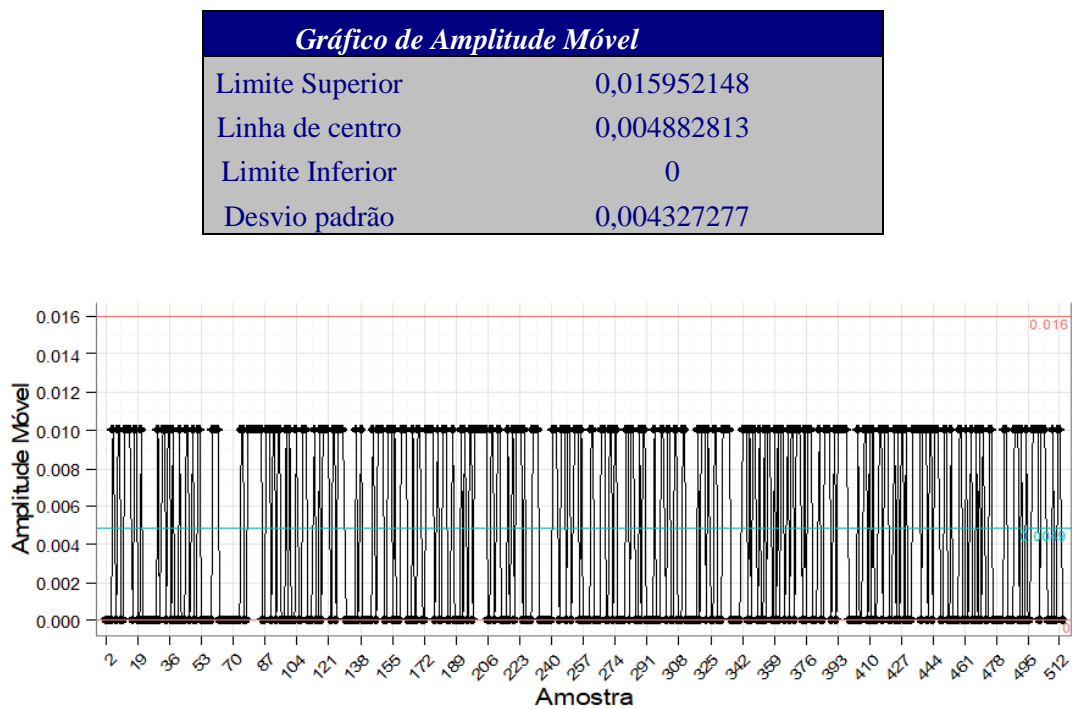


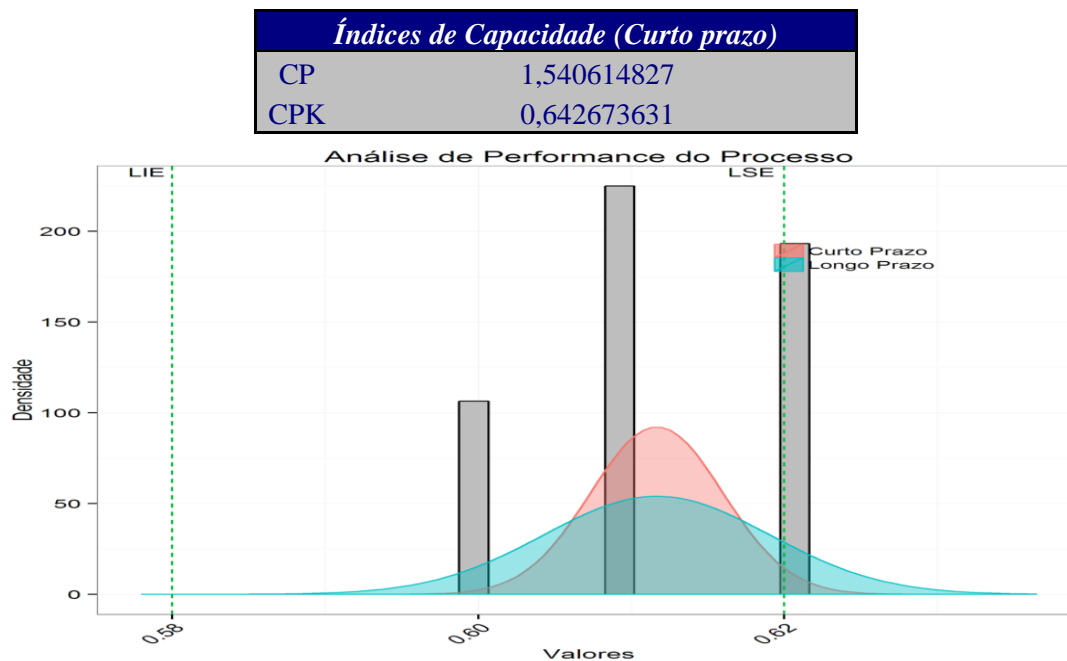
Figura 7: Gráfico de Amplitude Móvel (Pós Melhorias)



Com o processo sob controle estatístico, foi possível realizar os cálculos dos índices de capacidade do processo (C_p e C_{pk}). A partir destes resultados pode-se saber quanto o

processo consegue produzir atendendo as especificações pré-estabelecidas, conforme Figura 8.

Figura 8: Gráfico de Índices de C_p e C_{pk}



O índice de C_p apresentou resultado de 1,54, diante disso, pode-se concluir que o processo é totalmente capaz de atender as necessidades de produzir garrafas com o menor número de defeito possível para esta característica, onde o mesmo tem capacidade de produzir de acordo com os limites de especificações pré-estabelecidos.

O índice de C_{pk} apresentou resultado de 0,64, indicando que o processo não está totalmente centrado, aponta que o processo está fora de alvo, porém isso não impacta na capacidade do processo ser totalmente capaz. É necessário realizar ajuste fino nas causas comuns para que o eixo fique centrado próximo a média, por que o índice de capacidade C_{pk} leva em conta não somente a variabilidade do processo, mas também sua localização com respeito aos limites de especificação.

Conclusão

A utilização do Controle Estatístico foi essencial para avaliar um determinado processo e de detectar possíveis alterações que possam estar prejudicando o processo.

Diante do Controle Estatístico percebeu-se a princípio que não havia nenhum histórico de dados estatísticos do processo, nem as principais causas que poderiam incidir no processo para ocasionar instabilidade no mesmo. Então foi realizado um estudo preliminar do processo através dos gráficos de controle, onde de acordo com os gráficos de valores individuais e de amplitude móvel para identificar que haviam pontos fora de controle estatístico.

Com a estabilidade do processo foi possível realizar estudo de capacidade do processo, onde o valor apresentado de C_p foi bastante satisfatório, podendo afirmar que o

processo é totalmente capaz de atender as necessidades de produção com menor número de defeitos possíveis para o estudo de caso deste trabalho.

Os ganhos qualitativos que o processo obteve com o estudo são imensuráveis, pois a Qualidade reflete a imagem da empresa no mercado e para os clientes, além de quando se tem o processo controlado estatisticamente, o gestor sabe onde agir de acordo com os resultados gerados.

Podem-se obter também outros ganhos com o CEP, como: diminuição de perdas por defeito de fabricação, diminuição dos índices de reclamação referente a característica estudada, conhecimento de todos os fatores incidentes no processo e otimização do uso dos recursos e dentre outros.

Referências

CARVALHO, W. J. S.; ABREU, E. de S.; ALVES, M. C. P. **Análise e aplicabilidade de ferramentas básicas da qualidade como auxílio na melhoria do processo produtivo: estudo de caso em uma indústria de confecção.** In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 35., 2015. Fortaleza. Anais... Fortaleza: [S. L.], 2015. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_207_228_28201.pdf>. Acesso em: 08 nov. 2016.

CERVBRASIL (Associação Brasileira da Indústria Cervejeira). **Anuário 2015.**

Disponível em < http://www.cervbrasil.org.br/arquivos/ANUARIO_CB_2015_WEB.pdf>. Acesso em: 09 nov. 2016.

CURI, R. A. **Produção de cerveja utilizando cevada como adjunto de malte.** 2006. 123f. Tese de Doutorado (Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Federal Paulista, Botucatu, 2006. Disponível em:

<<https://repositorio.unesp.br/handle/11449/101727>>. Acesso em: 08 nov. 2016

KUNZE, W. **Tecnologia para cerveceros y malteros.** 1.ed. Berlín:VLB Berlin, 2006.

LIMA, A. A. N. et al. Aplicação do controle estatístico de processo na indústria farmacêutica. **Rev. Ciênc. Farm. Básica Apl.** [S. L.] v. 27, n.3, p.177-187, 2006. Disponível em: < http://servbib.fcfar.unesp.br/seer/index.php/Cien_Farm/article/viewFile/380/364 >. Acesso em: 25 nov. 2016.

PALADINI, E. S. **Gestão da qualidade: teoria e caos.** 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

SANTOS, M. S. dos. Produção de cerveja. In _____ . **Cervejas e refrigerantes.** 21 ed. São Paulo: CETESB, 2005. p. 16. Cap 3.

SOARES, G. M. de V. P. de P. **Aplicação do controle estatístico de processos em indústria da bebidas: um estudo de caso.** 2001. 146 p. Dissertação de Mestrado (Engenharia de Produção)-Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. 2001. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/82229>>. Acesso em: 08 nov. 2016.

NOTAS SOBRE OS FUNDAMENTOS MATEMÁTICOS DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

NOTES ON THE MATHEMATICAL FOUNDATIONS OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Rodrigo Siqueira-Batista^{1,2}, Eugênio Silva^{3,4}

¹LAP/LMECS – UFV, ²Escola de Medicina – FADIP, ³CCT – UNIFESO, ⁴UComp – UEZO ¹rsbatista@ufv.br, ³eugeniosilva@unifeso.edu.br

Resumo

A área de Inteligência Artificial (IA) representa uma das principais fronteiras do conhecimento, na atualidade, por sua aplicabilidade em diferentes setores da vida humana. O correto entendimento de seus conceitos, e o consequente bom uso de suas técnicas, dependem do adequado estudo da Matemática, uma vez que o nascimento daquele campo se articula, profundamente, com desenvolvimentos dessa disciplina no século XX. Na área da IA, merecem destaque as Redes Neurais Artificiais (RNA) e as Máquinas de Vetor de Suporte (MVS), cuja característica marcante é a versatilidade, o que permite que sejam empregadas na construção de modelos de solução para problemas de interesse de uma ampla variedade de campos da atividade humana. Embora promissoras, a obtenção de modelos bem-sucedidos depende diretamente da correta parametrização dos algoritmos por trás dessas técnicas, o que, por sua vez, torna necessária uma boa compreensão dos seus fundamentos matemáticos. Desta feita, o objetivo do presente texto é indicar o *ferramental* matemático que deve ser compreendido para que se possa tirar o melhor proveito das RNA e das MVS.

Palavras-chave: Inteligência Artificial; Matemática; Redes Neurais Artificiais; Máquinas de Vetor de Suporte.

Abstract

Artificial Intelligence (AI) represents one of the main frontiers of knowledge, today, due its applicability in different sectors of human life. The correct understanding of IA and then the efficient usage of its techniques, depends on the proper study of Mathematics, since the birth of that field is deeply articulated with developments of this discipline in the twentieth century. In AI, Artificial Neural Networks (ANN) and Support Vector Machines (SVM) have a special importance due to its versatility, once they can be applied in the construction of solution models for problems of a wide range of human interests. Although promising, obtaining successful models depends directly on the correct parameterization of the algorithms behind these techniques, which, in turn, depends on a good understanding of their mathematical foundations. Therefore, the objective of this text is to indicate the mathematical tools that must be understood in order to get the best benefit from ANN and SVM.

Keywords: Artificial Intelligence; Mathematics; Artificial Neural Networks; Support Vector Machines.

Introdução

A Inteligência Artificial (IA) é um dos temas mais instigantes da atualidade. O termo – mote de obras cinematográficas, tais como *Ela*, *Eva*, *Ex machina* e *Westworld* (recente série lançada pela HBO) – é frequentemente apropriado pela mídia leiga, com citações em sites, jornais e revistas, tornando-o bastante familiar à sociedade contemporânea. Do ponto de vista da ciência e da tecnologia, tem-se experimentado um marcante crescimento da participação da IA em distintos campos do conhecimento: nas *ciências exatas* – Astronomia, Física e Matemática –, nas

ciências da saúde e da vida – Biologia Molecular, Genética e Medicina –, nas *ciências humanas e sociais* – Bioética, Direito e Economia – e nas Artes – Cinema e Música –, somente para citar algumas esferas que têm se beneficiado dos atuais avanços da área (BITTAR et al., 2018; CAETANO et al., 2005; CHANG, 2018; GUNKEL, 2017; WUERGES; BORBA, 2010; ALTHOFF et al., 2018). Com efeito, pode-se dizer que a IA “é relevante para qualquer tarefa intelectual; é verdadeiramente um campo universal” (RUSSELL; NORVIG, 2013, p. 3).

A expressão “Inteligência Artificial” articula duas palavras – “inteligência” e

“artificial” – as quais são de difícil definição (NILSSON, 1998). Pode-se entender *inteligência* “como uma capacidade de certos organismos para adaptar-se a situações novas, utilizando o conhecimento adquirido no curso de processos anteriores de adaptação. Deste ponto de vista, a inteligência é considerada como uma capacidade de aprendizagem e de aplicação da aprendizagem” (FERRATER MORA, 2001, p. 1873; trad. livre dos autores). O artificial pode ser compreendido como “tudo aquilo que é feito pelo ser humano, ou seja, um artefato” (VON ZUBEN, 2011). Tais definições não são consensuais e, por conseguinte, estão sujeitas a distintas críticas; sem embargo, compondo-as, pode-se chegar a certa compreensão da IA como “A arte de criar máquinas [artefatos] que executam funções que exigem inteligência [capacidade de aprendizagem, por exemplo] quando realizado por pessoas” (KURZWEIL, 1990, p. 14; trad. livre dos autores). Outra definição bastante interessante é a proposta por Rich e Knight (1991): “O estudo de como fazer computadores realizarem coisas nas quais, no momento, as pessoas são melhores”, p. 3; trad. livre dos autores).

A IA está presente, hoje, nos mais díspares artefatos e técnicas, incluindo as ferramentas de tradução, o planejamento logístico, o reconhecimento de face e de voz, os jogos e a robótica, entre outros (CASTRO; FERRARI, 2016; ARAUJO JUNIOR et al., 2017; NASCIMENTO et al., 2016). A incorporação da IA aos diferentes campos da atividade humana evoca adicional responsabilidade em termos do conhecimento das suas potencialidades e dos seus limites, bem como dos seus fundamentos. Nesse sentido, vale lembrar que a IA não é “mágica ou ficção científica, mas ciência, engenharia e matemática” (RUSSELL; NORVIG, 2013, p. 27), ressaltando-se a importância desse último campo para os estudos na área e para a ampliação de seu entendimento.

Diante disso, o escopo do presente artigo consiste em apresentar os aspectos matemáticos

que fundamentam duas das principais técnicas empregadas no âmbito da aprendizagem de máquina, a saber: Redes Neurais Artificiais (RNA) e Máquinas de Vetor de Suporte (MVS). Essa escolha se justifica pela ampla variedade de problemas em que são aplicadas com considerável sucesso. O bom entendimento de seus fundamentos é condição *sine qua non* para o uso correto e proveitoso de ambas as técnicas. É importante destacar que está fora do escopo do artigo o detalhamento dos fundamentos matemáticos aqui apontados. Por outro lado, é apresentada literatura, pertinente, na qual esse conteúdo está disponível.

Histórico

De uma perspectiva histórica, a IA é conceito recentemente incluído na ciência hodierna, remontando sua primeira aparição ao século XX. As origens podem ser recontadas a partir de diferentes espaços e tempos, mas, de um modo geral, acompanhando o clássico texto de Russell e Norvig (2013), reconhece-se a proposição, em 1943, do neurônio artificial – por Warren McCulloch e Walter Pitts (1943), autores que utilizaram (i) fundamentos de neurofisiologia, (ii) a lógica proposicional de Bertrand Russell e Whitehead e (iii) a teoria da computação de Alan Turing – como um dos eventos originários no âmbito da IA (McCULLOCH; PITTS, 1943; TURING, 1936). Em relação a esse último autor, cabe destacar que em um mesmo artigo de 1950 (TURING, 1950), Turing apresentou os conceitos de “aprendizagem de máquina”, de “aprendizagem por reforço” e de “algoritmos genéticos”, além de ter proposto o célebre teste de Turing, o qual foi “*projetado para fornecer uma definição operacional satisfatória de inteligência. O computador passará no teste se um interrogador humano, depois de propor algumas perguntas por escrito, não conseguir descobrir se as respostas escritas vêm de uma pessoa ou de um computador*” (RUSSELL; NORVIG, 2013, p. 4).

A realização de um seminário – sob a organização de John McCarthy, Marvin

Minsky, Claude Shannon e Nathaniel Rochester – dirigido ao debate acadêmico sobre a inteligência, os autômatos e as redes neurais, em Dartmouth, EUA, 1956, pode ser considerado o marco da IA (McCARTHY *et al.*, 1955). Vários aspectos foram debatidos – como possibilidades de uma máquina jogar xadrez, resolver problemas matemáticos e de ser capaz de “pensar” (McCARTHY *et al.*, 1955; NEWELL *et al.*, 1958) – e, segundo consta, o termo IA foi oficialmente utilizado, pela primeira vez, justamente nessa reunião (RUSSELL; NORVIG, 2013, p. 17). Ademais, se reconhece que o referido evento contribuiu, decisivamente, para a delimitação inicial do campo científico de estudo da IA.

Seguiu-se um período de grande euforia, especialmente com o sucesso obtido pelo GPS (*General Problem Solver*), programa desenvolvido por Newell e Simon (1961), para a solução de problemas, e pelo desenvolvimento de outros computadores, dotados de capacidade similar, por diferentes cientistas. Ademais, o desenvolvimento da linguagem Lisp (que se tornou a principal linguagem de programação em IA), por McCarthy, e da proposição, pelo mesmo autor, do programa *Advice Taker* (McCARTHY, 1958), foram significativos impulsos para o crescimento e o desenvolvimento do recém-nascido campo da IA. Outra contribuição importante – que deve ser brevemente mencionada – é o advento das primeiras redes neurais artificiais (WINOGRAD; COWAN, 1963), os *perceptrons* (ROSENBLATT, 1962).

Às conquistas iniciais da IA seguiram-se inúmeros insucessos – muito relacionados às tentativas de solução de problemas difíceis, às questões da chamada “explosão combinatória” e à capacidade limitada de aprendizagem dos *perceptrons* –, os quais produziram importantes dúvidas em relação aos projetos da IA (LIGHTHILL, 1973). Foram necessários mais alguns anos de pesquisa – reconhecendo-se que, nesse período, os subsídios para a investigação científica em IA decresceram significativamente – para que a implementação

dos *sistemas especialistas* (final dos 1970 e início dos 1980) e o “renascimento” das *redes neurais artificiais* pudessem trazer novo “alento” ao campo de estudo. Ademais, recentes desenvolvimentos – tais como os *agentes inteligentes*, os *sistemas multiagentes*, a mineração de dados e a *deep learning*, entre outras estratégias – têm reconfigurado o trabalho na área de IA e ampliado sua utilização no cotidiano. Cabe destaque, nesse contexto, à aprendizagem de máquina, entendida como “*um ramo da inteligência artificial que tem como objetivo desenvolver técnicas capazes de ensinar ao computador a aprender e/ou desempenhar determinada tarefa de forma melhor a partir das próprias experiências*” (SANTOS, 2016, p. 698).

Aprendizagem de máquina

A IA se vale, não raro, de metáforas para melhor representar os conceitos por trás de suas ferramentas e no caso da aprendizagem de máquina não é diferente. No contexto computacional, o termo “aprendizagem” consiste em “*mudanças adaptáveis no sistema, no sentido de que permitem que o sistema, da próxima vez, faça a mesma tarefa ou tarefas tiradas do mesmo grupo de forma mais eficiente e eficaz*” (SIMON, 1983). De outra forma, trata-se de um processo computacional iterativo em que os parâmetros de um modelo matemático são ajustados a fim de minimizar uma medida de erro. Assim, em termos gerais, quanto menor o erro cometido pelo modelo na execução de uma determinada tarefa, melhor será o seu desempenho nessa tarefa.

As técnicas de aprendizagem de máquina são utilizadas, principalmente, na solução de problemas que envolvam fenômenos para os quais não se conhecem modelos analíticos que os representem adequadamente. Para essas questões, em geral, a inexistência de representações analíticas fidedignas faz com que as soluções humanas sejam mais eficientes do que as computacionais e a proposta da IA, segundo Rich e Knight (1991), é fazer com que

os computadores “alcancem” os humanos e, quem sabe, até os ultrapasse.

O tema aprendizagem de máquina se divide em algumas modalidades, nas quais se destacam a aprendizagem supervisionada, a não supervisionada e a aprendizagem por reforço (FACELI et al., 2011). As atenções deste artigo estão concentradas especificamente na modalidade supervisionada, uma vez que é nela que se enquadram as técnicas de RNA e de MVS aqui exploradas. Na aprendizagem supervisionada, às vezes denominada aprendizagem com professor, é necessária a existência de um conjunto de treinamento – formado por exemplos entrada-saída –, que sejam representativos da tarefa que o sistema deve aprender. A entrada corresponde a um estímulo recebido pelo sistema e a saída consiste na ação desejada para aquele estímulo. Dessa forma, o propósito da aprendizagem consiste em ajustar os parâmetros internos do sistema para que este emita respostas tão semelhantes às respostas desejadas, quanto possível. Do ponto de vista matemático, significa encontrar a função que estabelece o melhor mapeamento entre os dados de entrada e de saída. A Figura 1 ilustra uma representação esquemática da aprendizagem supervisionada.

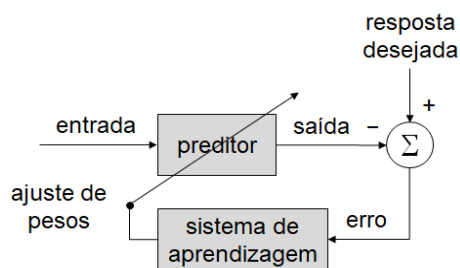


Figura 1. Esquema de funcionamento da aprendizagem supervisionada.

Ilustração elaborada por Eugênio Silva.

Nesse esquema, observa-se que para cada estímulo recebido pelo sistema de aprendizagem é emitida uma resposta, que em seguida é comparada à resposta desejada (supervisor) para aquele estímulo; havendo divergência entre essas respostas, é gerado um sinal de erro que é usado como subsídio para a

atualização dos parâmetros internos do sistema de aprendizagem. O grande objetivo da aprendizagem é alcançar a generalização, ou seja, obter a calibração adequada dos parâmetros do sistema de modo a responder coerentemente a estímulos futuros, que – obviamente – não estavam presentes no processo de aprendizagem, mas que seguem o mesmo padrão daqueles que estavam (NASCIMENTO et al., 2016).

Para que a aprendizagem aconteça, a medida mais básica a ser tomada consiste em representar adequadamente os estímulos que serão apresentados como entrada ao sistema. Invariavelmente, essa representação deve ser simbólica ou numérica, destacando-se que no caso das técnicas de RNA e MVS, a representação é essencialmente numérica. Isso significa que um estímulo é representado por um vetor de valores numéricos, onde cada valor corresponde a uma característica extraída desse estímulo. Em termos geométricos, esse vetor representa um ponto em um espaço n -dimensional, onde n representa o número de características que o compõem.

Em se tratando de aprendizagem supervisionada, há dois tipos de tarefas que essa modalidade de aprendizagem se propõe a resolver: *classificação* e *regressão*. Na primeira, a resposta a um estímulo é sempre um valor numérico discreto, enquanto na segunda a resposta é sempre um valor contínuo. Tanto RNA quanto MVS podem ser usadas como base para a construção de modelos para problemas que envolvem ambas as tarefas e os conceitos matemáticos a serem compreendidos nessas situações são basicamente os mesmos. Em geral, é mais comum a aplicação dessas técnicas na solução de problemas de classificação e, por isso, este é o foco do artigo.

Do ponto de vista geométrico, um problema de classificação consiste em encontrar uma superfície de decisão capaz de separar espacialmente os estímulos de acordo com os rótulos (respostas) que lhes são atribuídos durante o treinamento. A quantidade de rótulos diferentes determina a quantidade de

classes envolvidas no problema. As Figuras 2-a e 2-b representam dois problemas de classificação hipotéticos em que os estímulos são representados por duas características (c_1 e c_2) e são mapeados para uma dentre duas classes possíveis (\bullet e \blacklozenge). No primeiro caso, observa-se que a superfície de decisão é linear, o que caracteriza um problema em que as classes são linearmente separáveis. No segundo, tem-se um problema semelhante, porém com classes que não são linearmente separáveis. Obviamente, esses exemplos podem ser extrapolados para situações em que os estímulos são representados por mais características e, conseqüentemente, os pontos e as superfícies seriam representados em espaços de dimensão superior.

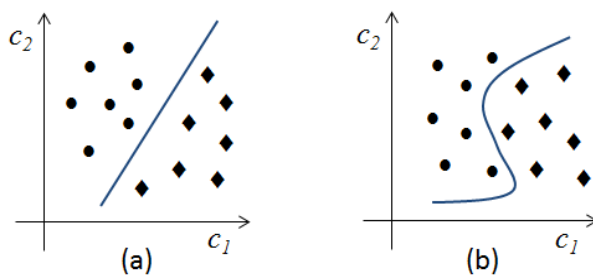


Figura 2. Representação geométrica de problemas de classificação
 (a) linearmente separável e (b) não linearmente separável.
 Ilustrações elaboradas por Eugênio Silva.

Sob essa perspectiva, o aprendizado, seja no contexto de RNA ou de MVS, consiste em parametrizar corretamente essa superfície de decisão (linear ou não) para que a separação entre as classes seja a melhor possível, não só para os estímulos de treinamento, mas também para os estímulos futuros, sempre com vistas à obtenção de uma generalização satisfatória. Nesse ponto fica clara a necessidade de conhecimento de um conceito matemático básico que é a representação de **pontos e superfícies (lineares ou não) em espaços multidimensionais** (FACELI, et al., 2011; STEINBRUCH; WINTERLE, 1987).

Redes neurais artificiais

As Redes Neurais Artificiais (RNA) são sistemas computacionais cuja organização é inspirada no sistema nervoso do *Homo sapiens* (NUNES, 2012). De fato, a unidade das RNA é o neurônio artificial (NA) proposto inicialmente – como já comentado – por McCulloch e Pitts (1943), tal qual explicitado na Figura 3.

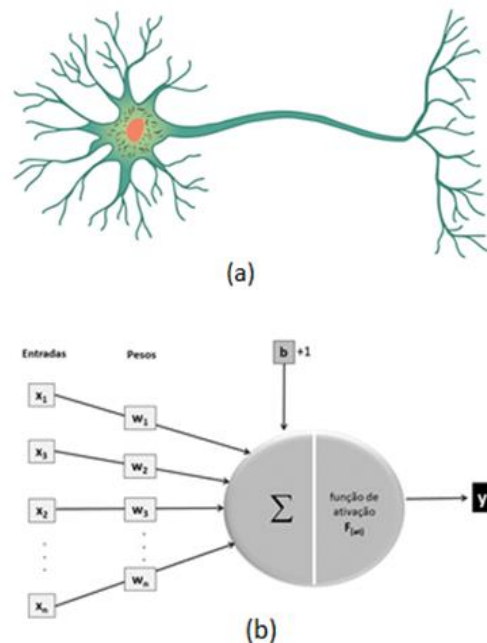


Figura 3. Representação esquemática do neurônio (a) humano e (b) artificial.

Ilustrações elaboradas por Rodrigo Siqueira-Batista¹.

Os neurônios artificiais, também denominados nodos, são modelos – matemático-computacionais (SEUNG; YUSTE, 2014) – que agregam um *combinador linear* e uma *função de ativação*, podendo adquirir dois “estados” – “equivalentes em termos concretos a uma proposição que definia seu estímulo adequado” (RUSSELL; NORVIG, 2013, p. 16) – a saber: “ligado” (“ativo”) ou “desligado” (“inativo”). Na Figura 3-b observa-se que o estímulo de entrada é representado por um vetor X composto por n características que descrevem aquele estímulo. A cada entrada x_i , com $i = 1, 2, \dots, n$, está associado um peso w_i e

¹ A ilustração do neurônio humano foi vetorizada por Ademir Nunes Ribeiro Júnior.

esse conjunto de pesos descreve um vetor W . O produto interno entre X e W associado a um termo de polarização b produz um potencial de ativação u . Em seguida, de acordo com o valor de u , a função de ativação decide se a saída do nodo é excitatória ou inibitória, caso u esteja, respectivamente, acima ou abaixo de um determinado limiar de ativação θ . Assim, a ativação de um NA pode ser descrita conforme as Equações 1 e 2 a seguir:

$$u = \sum_{i=1}^n w_i x_i + b \quad (1) \quad y = \begin{cases} 1 & \text{se } u \geq \theta \\ 0 & \text{se } u < \theta \end{cases} \quad (2)$$

A função de ativação – ao se considerar os valores 0 ou 1 para y – exemplificada na Equação 2 é uma das mais simples, recebendo a denominação de *função degrau* (NUNES, 2012) ou *função escada*, com aplicabilidade em problemas triviais (LU; CHEN, 2005). Há outros tipos de função de ativação – como a *linear*, *sigmoidal*, *tangente hiperbólica*, *gaussiana*, somente para citar algumas (NUNES, 2012) – as quais se prestam à execução de diferentes tarefas.

Os NA podem ser organizados em distintas arquiteturas de RNA, as quais são dotadas de capacidade de aprendizagem, como assinalado por Donald Hebb (1949), autor que propôs uma regra de atualização para modular as intensidades das *sinapses* – conexões – entre NA. Um dos primeiros desenhos – e dos mais simples – de RNA é denominado *perceptron* (ROSENBLATT, 1957), no qual se aplica a regra de Hebb ao neurônio da Figura 3-b para que “aprenda” a resolver um dado problema de classificação. No contexto das RNA, o aprendizado significa ajustar adequadamente, em um processo iterativo, os pesos associados às sinapses do neurônio, a fim de alcançar uma configuração que permita que esse neurônio descreva a superfície de decisão que melhor separa os estímulos de uma classe dos de outra. A associação de um estímulo a uma classe é dada pelo valor y de saída do neurônio, onde $y = 1$ representa uma classe e $y = 0$ representa

outra. A regra de atualização dos pesos de um *perceptron* é dada pela Equação 3.

$$W(t + 1) = W(t) + \lambda \cdot e(t) \cdot X(t) \quad (3)$$

Pela Equação 3 observa-se que o vetor W no instante seguinte $t + 1$ depende do valor W no instante t atual, de uma taxa de aprendizagem λ e também do erro cometido na classificação e do vetor X , ambos no instante atual t . O entendimento do processo de dedução que resulta nessa regra demanda o conhecimento de pelo menos dois conceitos matemáticos, a saber: **produto interno** entre vetores e **desigualdade de Cauchy-Schwarz** (STEINBRUCH; WINTERLE, 1987; SANTANA; QUEIRÓ, 2010; ANTON; RORRES, 2012).

Deve-se comentar que o *perceptron* é uma RNA de camada única, ou seja, dispõe de apenas uma camada de pesos ajustáveis. Com isso, a modelagem de relações mais complexas entre os valores de entrada e aqueles de saída tem limitações com o *perceptron*, restringindo a sua aplicação apenas à solução de problemas linearmente separáveis, nos moldes daquele apresentado na Figura 2-a. Para superar essa limitação, propôs-se uma rede de múltiplas camadas denominada *multilayer perceptron* MLP (Figura 4).

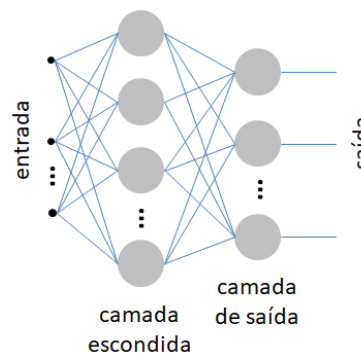


Figura 4. Esquema de Redes Neurais Artificiais “Multilayer Perceptron” (MLP).
 Ilustração elaborada por Rodrigo Siqueira-Batista.

No modelo MLP, a RNA usualmente contém uma ou duas camadas intermediárias – as quais representam *camadas ocultas* – e a *camada de saída*, a qual é composta por uma

quantidade de nodos correspondente à quantidade de classes envolvidas no problema. Dessa forma, a associação de um determinado estímulo a uma das classes consiste em obter uma saída próxima de 1 no nodo correspondente àquela classe e próxima de 0 em todos os outros. As redes MLP utilizam, tanto nos nodos da(s) camada(s) oculta(s) quanto nos da camada de saída, funções de ativação mais complexas, incluindo a função sigmoide (Equação 4) e a função tangente hiperbólica (Equação 5) (TAN; STEINBACH; KUMAR, 2006; BARNARD; VAN NIEKERK, 2018). Em ambas as equações a saída y_i representa a saída do neurônio i , β controla a inclinação da função e u é o potencial de ativação.

$$y_i = \frac{1}{1 + e^{-\beta u}} \quad (4) \quad y_i = \frac{1 - e^{-\beta u}}{1 + e^{-\beta u}} \quad (5)$$

Essa arquitetura de múltiplas camadas juntamente com a utilização de funções de ativação dos tipos citados é o que confere a uma MLP a capacidade de resolver problemas mais complexos, ou seja, aqueles que se caracterizam pela não linearidade da superfície de separação das classes (Figura 2-b). O que torna isso possível é a **combinação linear** de funções não lineares (STEINBRUCH; WINTERLE, 1987; SANTANA; QUEIRÓ, 2010; ANTON; RORRES, 2012), que é efetuada ao longo das camadas da RNA até a sua saída. Aqui, portanto, depara-se com mais um conceito matemático importante para o entendimento de como uma MLP é capaz de aproximar funções complexas.

A regra de aprendizagem de uma RNA do tipo MLP guarda algumas semelhanças com a regra de aprendizagem do *perceptron*, mas o processo dedutivo para se chegar até ela é bastante diferente. O algoritmo de retropropagação (*backpropagation*) do erro, também conhecido como *regra delta generalizada* (HAYKIN, 2001; BRAGA; CARVALHO; LUDERMIR, 2007), atualiza os

pesos das sinapses de um nodo da rede segundo a Equação 6.

$$W(t + 1) = W(t) + \lambda \cdot e(t) \cdot f'(u) \cdot X(t) \quad (6)$$

Observa-se nessa equação que, além dos termos presentes na equação de atualização dos pesos de um *perceptron*, há aqui também a necessidade de calcular $f'(u)$ que corresponde à **derivada** (STEWART, 2017a; GUIDORIZZI, 2018a) da função de ativação em relação ao potencial de ativação. Portanto, mais esse conceito matemático precisa ser compreendido.

A *regra delta generalizada* interpreta a tarefa de atualização dos pesos como um problema de otimização em que o erro – divergências entre as respostas emitidas pela RNA e as respostas desejadas – deve ser minimizado. Como o erro é calculado em função dos pesos, para as inúmeras combinações possíveis de valores para esses pesos é possível traçar uma superfície com as variações do erro de acordo com os pesos. A Figura 5 ilustra um exemplo de uma superfície em que o erro é dado pela variação de apenas dois pesos.

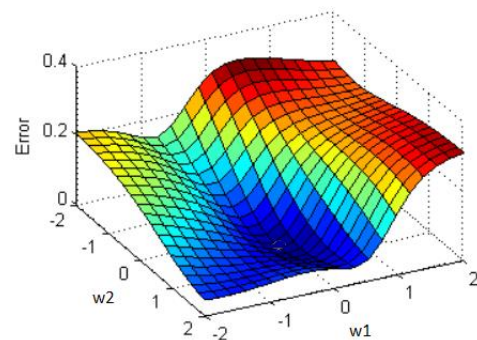


Figura 5. Exemplo de superfície de erro em função dos pesos de uma RNA.

Ilustração elaborada por Eugênio Silva.

O processo de otimização consiste em “caminhar” por essa superfície de erro a fim de tentar encontrar a configuração de pesos correspondente ao seu ponto mais profundo, ou seja, ao seu ponto de erro mínimo. No caso da *regra delta generalizada*, essa busca é guiada por um método iterativo que se baseia no

gradiente (STEWART, 2017b; GUIDORIZZI, 2018b) da função de erro para estabelecer a direção e o sentido da busca. O cálculo do gradiente, por sua vez, demanda a compreensão prévia do conceito de **derivada parcial** (STEWART, 2017b; GUIDORIZZI, 2018b) de funções multivariáveis. Portanto, mais esses dois conceitos figuram como essenciais para o correto entendimento de como transcorre a aprendizagem em RNA do tipo MLP.

A importância dos conceitos apontados aqui não se limita à compreensão do processo de aprendizagem. A configuração adequada dos parâmetros de aprendizagem do algoritmo – quantidade de ciclos (épocas) de treinamento, taxa de aprendizagem, quantidades de camadas ocultas e quantidades de neurônios por camada – também depende do entendimento desses conceitos.

Máquinas de vetor de suporte

As Máquinas de Vetor de Suporte (MVS) são uma técnica de *aprendizagem supervisionada* que provém da Teoria do Aprendizado Estatístico (TAE). Assim como acontece com as RNA e outras técnicas de classificação, no processo de aprendizagem as MVP também se propõem a encontrar a superfície que separa os estímulos pertencentes a uma classe dos de outra. Contudo, a proposta aqui vai além, uma vez que o objetivo das MVP é encontrar a *superfície de decisão ótima* (JARA ESTUPINAN et al., 2016), conforme ilustra a Figura 6.

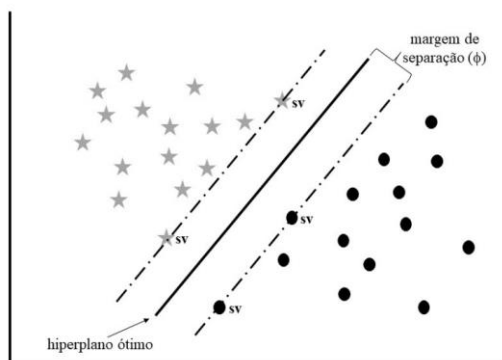


Figura 6. Máquina de vetor de suporte. Observe o *suporte vetorial* (sv) e a margem máxima de separação (ϕ). Ilustração elaborada por Rodrigo Siqueira Batista.

Observando a Figura 6, pode-se notar que o resultado da aprendizagem é “*um separador de margem máxima – um limite de decisão com a maior distância possível a pontos de exemplo*” (RUSSELL; NORVIG, 2013, p. 648). Como no caso das redes MLP, o processo de obtenção desse separador também se traduz em um problema de otimização, que aqui é resolvido por meio do método dos multiplicadores de Lagrange (STEWART, 2017b; GUIDORIZZI, 2018b). Nesse método, a função objetivo a ser minimizada deve ser reescrita como uma **função de Lagrange** (ou **lagrangiana**) (NETO, 2013; TAYLOR, 2013) para o problema de otimização e, portanto, mais esse conceito precisa ser compreendido. Para a minimização da lagrangiana recorre-se mais uma vez ao conceito de **gradiente** e, conseqüentemente, de **derivada parcial**.

A formulação básica de uma MVS permite apenas a construção de *separadores lineares*, o que limita sua utilização a problemas semelhantes aos da Figura 2-a. Para problemas mais complexos – não linearmente separáveis – é preciso aplicar uma **transformação não-linear** (HOFMAN; SCHOLKOPF; SMOLA, 2008; LIU; PRÍNCIPE; HAYKIN, 2010) no espaço original das características que descrevem os estímulos, de forma a projetá-las em um espaço de ordem superior em que as classes se tornem linearmente separáveis (VON ZUBEN, 2013; ESPINOSA-OVIEDO et al., 2017). Essa transformação se dá pela aplicação do chamado *truque do núcleo*, que consiste em aplicar uma **função de núcleo** (HOFMAN; SCHOLKOPF; SMOLA, 2008; LIU; PRÍNCIPE; HAYKIN, 2010) para obter a transformação desejada. Após a transformação, a formulação básica de uma MVS pode ser usada na solução do problema.

Aqui nota-se que alguns dos conceitos necessários ao bom entendimento das MVS são comuns àqueles apontados no contexto das RNA. Como naquele caso, a compreensão das concepções destacadas é de grande importância para a parametrização correta de uma MVS, com destaque para a escolha correta da função

de núcleo quando da necessidade de solução de problemas mais complexos.

Considerações finais

O presente ensaio propôs uma abordagem da fundamentação matemática da IA. Os aspectos brevemente apresentados no texto permitiram que fossem estabelecidas, de modo claro, as relações entre o conhecimento matemático e a emergência da IA. Nesse sentido, reforça-se a relevância do estudo das bases matemáticas aos interessados em apreender os meandros da IA, para uma melhor compreensão do alcance e das limitações dessa contemporânea ferramenta, a qual tem modificado – substantivamente – as vidas das pessoas no século XXI.

Agradecimentos

Os autores são gratos ao Prof. Ademir Nunes Ribeiro Júnior (FADIP), pela ajuda na elaboração do esquema do neurônio humano.

Referências

- ARAÚJO JUNIOR, C. A.; LEITE, H. G.; SOARES, C. P. B.; BINOTI, D. H. B.; SOUZA, A. P.; SANTANA, A. F. S.; TORRE, C. M. M. E. A multi-agent system for forest transport activity planning. *Cerne*, v. 23, n. 3, p. 329-337, 2017.
- ALTHOFF, D.; BAZAME, H. C.; FILGUEIRAS, R.; DIAS, S. H. B. Heuristic methods applied in reference evapotranspiration modeling. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 42, n. 3, pp.314-324, 2018.
- ANTON, H.; RORRES, C. *Álgebra Linear com Aplicações*. 10. ed. Porto Alegre: Bookman, 2012.
- BARNARD, M.; VAN NIEKERK, T. I. Neural network fault diagnosis system for a diesel-electric locomotive's closed loop excitation control system. *SAIEE Africa Research Journal*, v. 109, n. 1, p. 23-35, 2018.
- BITTAR, R. D., ALVES, S. M. F.; MELO, F. R. Estimation of physical and chemical soil properties by artificial neural networks. *Revista Caatinga*, v. 31, n. 3, p. 704-712, 2018.
- BRAGA, A. P.; CARVALHO, A. P. L. F.; LUDERMIR, T. B. *Redes Neurais Artificiais - Teoria e Aplicações*. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2007.
- CAETANO, M.; MANZOLLI, J.; VON ZUBEN, F. J. *BioMúsica: Aplicações de Inteligência Artificial e Algoritmos Bio-Inspirados em Música*. In: *Proceedings of the 2. II Seminário de Música, Ciência e Tecnologia*, 2005, São Paulo (SP) [online]. 2005 [citado em 10 de outubro de 2018]. Disponível em: <http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?>
- CASTRO, L. N.; FERRARI, D. G. *Introdução à mineração de dados: conceitos básicos, algoritmos e aplicações*. 1. ed. São Paulo: Saraiva, 2016. 351p.
- CHANG, A. *Artificial Intelligence in Pediatric Critical Care Medicine: Are we (finally) ready?* *Pediatric Critical Care Medicine*, v. 19, n. 10, p. 997-998, 2018.
- FERRATER MORA, J. *Diccionario de filosofía*. Tomo II, Barcelona: Editorial Ariel S.A., 2001.
- ESPINOSA-OVIEDO, J. E.; ZULUAGA-MAZO, A.; GOMEZ-MONTOYA, R. A. Kernel methods for improving text search engines transductive inference by using Support Vector Machines. *Tecciencia*, v. 12, n. 22, p.51-60, 2017.
- FACELI, K.; LORENA, A. C.; GAMA, J.; CARVALHO, A. C. P. L. F. *Inteligência Artificial – Uma Abordagem de Aprendizado de Máquina*, Rio de Janeiro: LTC; 2011.
- GUIDORIZZI, H. L. *Um Curso de Cálculo – Volume 1*. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2018a.
- GUIDORIZZI, H. L. *Um Curso de Cálculo – Volume 2*. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2018b.
- GUNKEL, D. J. *Comunicação e inteligência artificial: novos desafios e oportunidades para a pesquisa em comunicação*. *Galáxia*, n. 34, p. 5-19, 2017.
- HAYKIN, S. *Redes Neurais: Princípios e Prática*. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

- HEBB, D. O. *The Organization of Behavior*. Wiley: New York, 1949. 335p.
- HOFMAN, T.; SCHOLKOPF, B.; SMOLA, A. J. Kernel Methods in Machine Learning. *The Annals of Statistics*. 2008, Vol. 36, No. 3, 1171-1220.
- JARA ESTUPINAN, J.; GIRAL, D.; MARTINEZ SANTA, F. Implementación de algoritmos basados en máquinas de soporte vectorial (SVM) para sistemas eléctricos: revisión de tema. *Tecnur*, v. 20, n. 48, p.149-170, 2016.
- KURZWEIL, R. *The age of intelligent machines*. Cambridge: MIT Press, 1990, 565 p.
- LIGHTHILL, J. Artificial intelligence: A general survey. In: LIGHTHILL, J.; SUTHERLAND, N. S.; NEEDHAM, R. M.; LONGUET-HIGGINS, H. C.; MICHIE, D. *Artificial Intelligence: A Paper Symposium*. Science Research Council of Great Britain, 1973.
- LIU, W.; PRÍNCIPE, J. C.; HAYKIN, S. *Kernel Adaptive Filtering: A Comprehensive Introduction*. John Wiley & Sons, 2010.
- LU, W.; CHEN, T. Dynamical behaviors of Cohen-Grossberg neural networks with discontinuous activation functions. *Neural Networks*, v. 18, p. 231-242, 2005.
- McCARTHY, J.; MINSKY, M. L.; ROCHESTER, N.; SHANNON, C. E. Proposal for the Dartmouth summer research project on artificial intelligence. *Technical Reports*, Dartmouth College, 1955.
- McCARTHY, J. Programs with common sense. *Proceedings of Symposium on Mechanisation of Thought Processes*, v. 1, p. 77-84, 1958.
- McCULLOCH, W.; PITTS, W. A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity. *Bulletin of Mathematical Biophysics*, 5, p. 115-137, 1943.
- NASCIMENTO, C. D. L.; SILVA, S. D. S.; SILVA, T. A.; PEREIRA, W. C. A.; COSTA, M. G. F.; COSTA FILHO, C. F. F. Breast tumor classification in ultrasound images using support vector machines and neural networks. *Research on Biomedical Engineering*, v. 32, n. 3, p. 283-292, 2016.
- NETO, J. B. *Mecânica Newtoniana, Lagrangiana e Hamiltoniana*. 2. ed. Livraria da Física, 2013.
- NEWELL, A.; SHAW, J. C.; SIMON, H. A. Chess playing programs and the problem of complexity. *IBM Journal of Research and Development*, v. 4, n. 2, p. 320-335, 1958.
- NEWELL, A.; SIMON, H. A. GPS, a program that simulates human thought. In BILLING, H. *Lernende Automaten*. Olden Bourg, 1961, p. 109-124.
- NILSSON, N. J. *Artificial Intelligence: a new synthesis*. San Francisco: Morgan Kaufmann, 1998.
- NUNES, W. V. Redes neurais artificiais: aspectos introdutórios. In: ESPERIDIÃO ANTONIO, V. *Neurociências: diálogos e interseções*. Rio de Janeiro: Rubio, 2012, p. 255-303.
- RICH E.; KNIGHT, K. *Artificial Intelligence*. 2nd edition. McGraw-Hill, 1991.
- ROSENBLATT, F. *The perceptron, a perceiving and recognizing automaton*. Cornell Aeronautical Laboratory report. New York: Buffalo, 1957.
- ROSENBLATT, F. *Principles of neurodynamics: perceptrons and the theory of brain mechanisms*. Washington: Spartan Books, 1962. 616p.
- RUSSELL, S. J.; NORVIG, P. *Inteligência artificial*. Trad. Regina C. Simille. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.
- SANTANA, A. P.; QUEIRÓ, J. F. *Introdução à Álgebra Linear*. Lisboa: Gradiva, 2010.
- SANTOS, A. C. M. *Aprendizado de máquina aplicado ao diagnóstico de Dengue*, 2016, Recife (PE) [online]. XIII Encontro Nacional de Inteligência Artificial e Computacional. 2016 [citado em 10 de outubro de 2018]. Disponível em: <http://www.lbd.dcc.ufmg.br/colecoes/eniac/2016/059.pdf>.
- SIMON, H. A. Why Should Machines Learn? In: Michalski R.S., Carbonell J.G., Mitchell

- T.M. (eds) Machine Learning. Symbolic Computation. Springer, Berlin, Heidelberg, 1983.
- SEUNG, S.; YUSTE, R. Redes neurais. In: KANDEL, E. R.; SCHWARTZ, T. M.; SIEGELBAUM, S. A.; HUDSPETH, A. J. Princípios de Neurociências. Porto Alegre: AMGH, 2014. p. 1378-1395.
- STEINBRUCH, A; WINTERLE, P. Álgebra Linear, 2. ed. São Paulo: McGraw-Hill, 1987.
- STEWART, J. Cálculo – Volume 1. Tradução da 8. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2017a.
- STEWART, J. Cálculo – Volume 2. Tradução da 8. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2017b.
- TAN, P. N.; STEINBACH, M.; KUMAR, V. Introduction to data mining. Boston: Addison-Wesley; 2006.
- TAYLOR, J. R.; ROQUE, W. L. Mecânica Clássica. Porto Alegre: Bookman, 2013.
- TURING, A. On computable numbers, with an application to the Entscheidungsproblem. Proceedings of the London Mathematical Society, 2d series, 42, 230-265, 1936.
- TURING, A. Computing machinery and intelligence. Mind, v. 59, p. 433-460, 1950.
- WINOGRAD, S.; COWAN, J. D. Reliable Computation in the Presence of Noise. Cambridge: MIT Press, 1963.
- VON ZUBEN, F. J. O mundo natural e o mundo artificial, 2011, Campinas (SP) [online]. 2011 [citado em 10 de outubro de 2018]. Disponível em:<ftp://ftp.dca.fee.unicamp.br/pub/docs/vonzuben/ia707_1s11/notas_de_aula/topico1_IA707_1s11.pdf>
- VON ZUBEN, F. J. Máquinas de vetores de suporte, 2013, Campinas (SP) [online]. 2013 [citado em 10 de outubro de 2018]. Disponível em:<ftp://ftp.dca.fee.unicamp.br/pub/docs/vonzuben/ia353_1s13/topico8_1s2013.pdf>
- WUERGES, A. F. E.; BORBA, J. A. Redes neurais, lógica nebulosa e algoritmos genéticos: aplicações e possibilidades em finanças e contabilidade. Journal of Information Systems and Technology Management, v. 7, n. 1, p.163-182, 2010.

DESLIZAMENTOS DE ROCHA NO RIO DE JANEIRO: QUAIS FATORES DETERMINAM OU NÃO O REGISTRO DE UM DESASTRE

*ROCKSLIDES IN RIO DE JANEIRO: WHICH FACTORS DETERMINE WHETHER THERE WILL
BE A DISASTER OR NOT*

Claudio Amaral^{1,2}, Louise Estrella³

¹ FGEL/UERJ; ² CCT/UNIFESO; ³ ESTRELLA Geologia & Meio Ambiente.

Resumo

Deslizamentos de rocha da parte superior das escarpas rochosas do Rio de Janeiro são comuns, frequentes e perigosos. Além dos aspectos geológicos e geotécnicos ligados a estes processos destrutivos que ainda merecem estudos, há outro ponto que merece discussão - o papel desempenhado por fatores não geológicos na determinação de quando estes deslizamentos de rocha se transformam em desastres ou não. Três casos recentes trazem à luz esta discussão.

Palavras-chave: deslizamentos de rocha, escarpas rochosas, desastres no Rio de Janeiro.

Abstract

Very large rock plates, thin slabs or cubic rock boulders sliding down from the upper part of the steep slopes in Rio de Janeiro are frequent, widespread and dangerous. Besides the specific engineering geological aspects of these rockslides that are still calling the attention of the experts, another point which is seldom discussed is the role played by non-geological factors in the definition whether a rockslide turns to be a disaster or not. Three case studies put stress on the subject.

Keywords: rockslides, rock escarpments, disasters in Rio de Janeiro

Introdução

Os deslizamentos de rocha nas encostas íngremes fluminenses têm uma elevada capacidade de destruição de moradias e de causar mortes, se transformando em desastres. As razões são muitas. Em geral eles se “beneficiam” (para ocorrer), da forma escarpada das encostas, da compartimentação dos maciços rochosos imposta pela combinação dos sets de fraturas tectônicas e de alívio, e do registro de chuvas sempre significativas. Outro fator que contribui para o registro dos desastres é a localização de vias e casas junto à base das escarpas rochosas.

Embora numerosos e frequentes, e objeto de interesse de muitos geólogos de engenharia que trabalham diariamente na definição do risco a eles associado, estes deslizamentos de rochas carecem ainda de pesquisas que prevejam a sua ocorrência. Reconhece-se, no Rio de Janeiro, hoje, apenas a iniciativa de Vargas (2018, com.

verbal) de realizar simulações numéricas sobre o comportamento mecânico e hidráulico das escarpas rochosas, ao longo do tempo, levando em conta valores representativos das propriedades dos maciços rochosos, tais como o espaçamento e a abertura das descontinuidades estruturais.

Esta Nota Técnica, entretanto, busca discutir brevemente outro aspecto relacionado aos deslizamentos de rocha, que é a importância de fatores não geológicos na determinação de quando estes processos geológicos destrutivos acabam de fato não se transformando em desastres. Para cumprir este objetivo três deslizamentos recentes de rocha ocorridos nas escarpas rochosas do Rio de Janeiro foram revisados, analisados e discutidos.

Três casos recentes de deslizamentos de rocha nas escarpas rochosas do Rio de Janeiro

Deslizamento do JB

Um grande deslizamento, acompanhado de um estrondo assustador segundo os moradores, ocorreu em abril de 2017 no trecho do Jardim Botânico da Serra da Carioca, abrindo uma cicatriz na floresta que pode ser vista, ainda hoje, dois anos depois, a mais de 4 km de distância (figura 1a). Dentre os fatores que o controlaram, estão, claramente, as fraturas de alívio e a declividade de quase 80° da escarpa rochosa, e, de maneira secundária, as fraturas tectônicas que definem as bordas laterais da massa rompida. Apesar da sua magnitude, contudo, o deslizamento do JB não recebeu uma maior atenção da mídia, que se limitou a divulgar que a Fundação GEO-Rio realizava sobrevoos frequentes de helicóptero na região e considerava que não havia risco de acidentes associados a novos deslizamentos na área.

Há no deslizamento do JB, contudo, um aspecto da maior importância. Trata-se do papel decisivo cumprido pela floresta densa na redução das consequências do movimento de rocha, cumprido ao barrar a trajetória dos blocos rochosos deslizados (figura 1b) e restringir o seu alcance a uma distância de cerca de 500m das casas localizadas no pé da encosta. Este papel decisivo para que o deslizamento não se transformasse num desastre, mostra que a preservação da cobertura vegetal densa na região é mais importante que uma eventual execução de um muro de impacto (gabião), mesmo que este seja construído a partir do desmonte dos blocos rochosos que se distribuem pela língua do deslizamento.



Figura 1: a) vista frontal da cicatriz do deslizamento do JB. Fonte: O Globo – 14/08/2017; b) vista de montante do pé do deslizamento, com a floresta densa impedindo seu avanço. Foto obtida com o drone do Professor Marcelo Motta, PUC-Rio.

Deslizamento da Ponte da Barra da Tijuca

No dia 08 de abril de 2018, dois matacões rochosos de 30 T deslizaram na encosta rochosa, adjacente ao emboque do túnel do metrô, defronte à ponte que cruza o canal da Lagoa da Tijuca. Os matacões atingiram e obstruíram a Estrada da Barra da Tijuca, que liga a Tijuca à praia da Barra, até que foram desmontados a frio (figura 2a). Mais uma vez, os fatores que controlaram o deslizamento incluíram a presença de matacões rochosos individualizados pela combinação de fraturas de alívio e tectônicas. Após a construção do acesso que permitiu avaliar a situação das lascas rochosas que não deslizaram (figura 2b), tiveram início as obras de estabilização, que, inclusive, já foram concluídas.

Há no deslizamento da ponte da Barra, como no do JB, um aspecto da maior importância que foi pouco comentado. Trata-se da constatação do inusitado. Afinal, estavam presentes todos os fatores necessários e suficientes para que se registrasse um desastre significativo, já que os matacões rochosos deslizados atingiram uma via de grande importância, na qual circulam milhares de veículos de passeio por dia e várias linhas de ônibus, além de ônibus escolares. No entanto, o deslizamento não provocou danos e nem causou mortes, simplesmente porque ocorreu num domingo, às 6 horas da manhã, quando nenhum veículo passava no local.

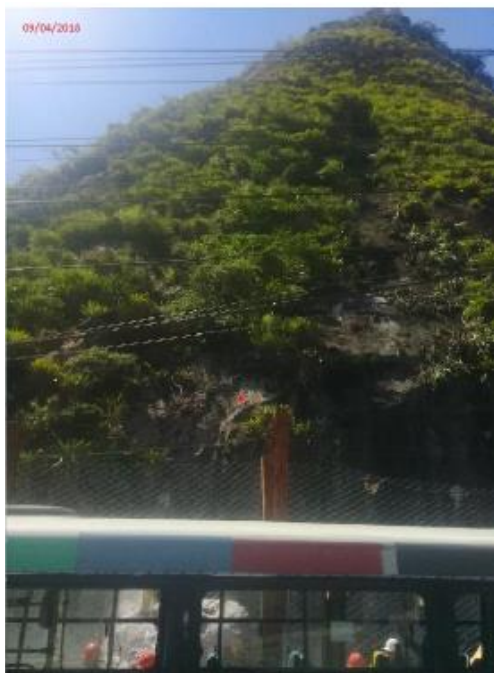


Figura 2: a) cicatriz do deslizamento; b) remoção dos dois maticões. (Foto: Marcos Ramos - Agência O Globo).

Deslizamento de Pedro do Rio

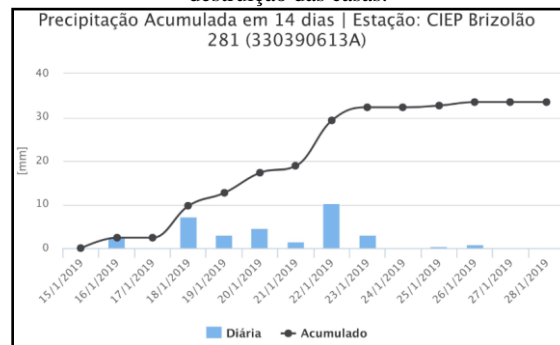
No dia 22 de Janeiro de 2019, às 14h00, uma placa rochosa de 50 T deslizou de uma altura de 100m, no bairro do Ingá, distrito da Posse, em Petrópolis (figura 3). Os blocos rochosos originados a partir da ruptura na parte alta da escarpa rochosa atingiram seis casas localizadas na base, e, depois, 40 casas (com 57 pessoas) situadas num raio de 500m do ponto de impacto foram interditadas pela Defesa Civil Municipal. Os relatos de que “barulhos foram escutados vindos do maciço durante a madrugada”, o fato de outros deslizamentos terem sido registrados na região no passado, e o reconhecimento de que o local afetado era considerado de risco (inclusive citado no Plano Municipal de Redução de Risco), podem explicar o fato dos moradores estarem

razoavelmente alertas frente ao perigo, e não ter havido mortes.

Mas as hipóteses que apontam a variação térmica (gradiente térmico extremo) como o fator deflagrador da ruptura da placa rochosa, em função de o deslizamento ter ocorrido após o registro no dia anterior (dia 21) de temperaturas da ordem de 37°C (figura 4a), sem registro de chuvas acumuladas e horárias significativas (figura 4b), e logo após a incidência de uma forte tempestade que causou alagamentos, derrubou árvores e, eventualmente, rebaixou a temperatura bruscamente, também são importantes apenas para explicar porque não ocorreu um desastre. Afinal, se houvesse fluxo d’água no plano de ruptura e o depósito de tálus situado na base da escarpa estivesse minimamente saturado, é quase certo que a placa rochosa deslizada não teria se fragmentado em tantos blocos rochosos e nem que o material deslizado não tivesse alcance muito maior e atingido outras casas.



Figura 3: à esquerda: cicatriz do deslizamento; à direita: destruição das casas.



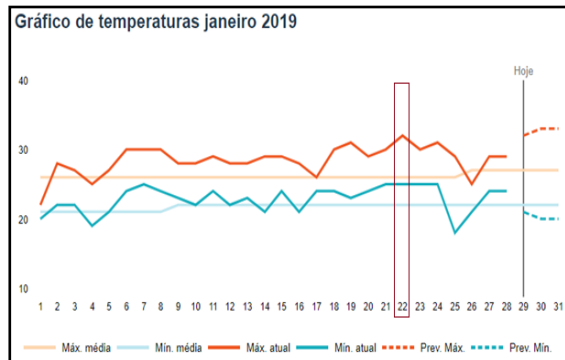


Figura 4: a) chuva diária e acumulada entre os dias 15/01/2019 e 28/01/2019, registrada na Estação Pluviométrica instalada no CIEP Brizolão 281, no distrito da Posse. Fonte: CEMADEM-RJ; b) Temperatura medida em Teresópolis no mês de Janeiro de 2019.

Discussão e Considerações Finais

Sempre que analisar o perigo associado a um deslizamento de rocha para moradias situadas na base de uma escarpa rochosa no Rio de Janeiro, um geólogo de engenharia poderá afirmar, no mínimo, que “pode demorar, mas a rocha vem”. Isto é particularmente verdade se um destes indicativos de risco geológico estiver presente: (i) depósito de blocos rochosos na base da encosta; (ii) cicatriz (“unha de gato”) branca contrastando com uma face mais oxidada do restante da escarpa rochosa; e (iii) uma sucessão de fraturas de alívio pouco espaçadas junto ao topo da escarpa rochosa, combinadas a fraturas tectônicas.

Por outro lado, em relação às consequências do deslizamento - se haverá mortes, se casas serão destruídas ou se haverá bloqueio das vias de acesso -, o mesmo geólogo de engenharia terá que conviver com uma incerteza grande, uma vez que, como mostram os três casos estudados, diferentes fatores não diretamente geológicos podem interferir na destruição efetivamente provocada pelo deslizamento de rocha. No caso do deslizamento do JB, a barreira vegetal densa diminuiu o alcance da massa deslizada. No deslizamento da Barra, a ausência de circulação de veículos numa via arterial, num domingo, eliminou a exposição dos elementos vulneráveis. No caso do deslizamento da Posse, o fato do processo ter se dado à tarde e sem chuvas, respectivamente, ampliou a percepção

de risco da população e diminuiu o alcance do movimento de massa.

Os três casos mostram que a possibilidade de não ocorrer o desastre poderia ser considerada pelo profissional responsável pela análise de risco. Não há, contudo, como o profissional “brincar com o perigo”. Hoje, o mais importante é que o profissional reconheça as propriedades do maciço rochoso em avaliação e os diferentes mecanismos de rupturas possíveis na escarpa rochosa, e, a partir daí, trabalhar com o pior cenário de risco. Ou seja, ele deve considerar diversas trajetórias e alcances máximos nos deslocamentos de rocha, mesmo que o resultado da análise implique na interdição preventiva de muitas moradias e na retirada de muitos moradores de suas casas. Quando forem necessárias análises de risco mais apuradas, este profissional deverá, se possível, utilizar os softwares hoje disponíveis, como o Rockfall 4, e no limite, fazer uso de simulações numéricas.

Bibliografia Consultada

- Collins, B.D.; Stock, G.M.; Eppes, M.; Lewis, S.W.; Corbett, S.C.; Smith, J.B. (2018) Thermal influences on spontaneous rock dome exfoliation. *Nature Communications*, 9:762, DOI: 10.1038/s41467-017-02728-1 | www.nature.com/naturecommunications.
- Hencher, S.R.; Lee, S.G.; Carter, T.G.; Richards, L.R. (2011) Sheeting Joints: Characterization, Shear Strength and Engineering. *Rock Mech. Rock Eng.* 44:1–22. DOI 10.1007/s00603-010-0100-y
- Hoek, E. Analysis of Rockfall hazards. *ROCK ENGINEERING*. A.A. Balkema Publishers, P.O. Box 1675, 3000 BR Rotterdam, Netherlands
- Vargas, E. (2018) Fronteiras na pesquisa sobre os mecanismos de ruptura dos deslizamentos de rocha no Rio de Janeiro. Comunicação verbal.