

E-TEC
Revista de
Tecnologia e
Ciência

FACULDADE DE TECNOLOGIA
SENAI LONDRINA

E-TEC Revista de Tecnologia e Ciência

Corpo Editorial

Editor Chefe – V1-2018

Katielly Tavares dos Santos

Comitê Executivo

Camila Fogaça de Oliveira
Marcelo Antônio Strik
Rodolfo Alexandre Hildebrandt
Vicente de Lima Gongora

Editora: Faculdade de Tecnologia Senai Londrina
ISSN: 2358-5528

Direitos reservados
Faculdade de Tecnologia SENAI Londrina
Rua Belém, 844 – Londrina PR.
43 -3294-5100 – faculdade.londrina@pr.senai.br

Nenhuma parte desta publicação poderá ser reproduzida sem a autorização prévia e escrita da Editora Faculdade de Tecnologia SENAI Londrina. Este periódico publica nomes individuais, comerciais e marcas registradas e produtos pertencentes a diversas companhias. O Editor utiliza-se destes nomes somente para fins editoriais e em benefício dos proprietários dos nomes e marcas, sem intenção de atingir seus direitos. Observa-se ainda que os dados contidos nos artigos são de responsabilidade dos próprios autores.

Sumário

Prefácio	4
Introdução	5
Capítulo I: Estudo da utilização de motor elétrico para tração de colhedeira de grama.....	6
Capítulo II: Implantação do sistema 5s no setor de corte e conformação.....	20
Capítulo III: Benefícios da ferramenta Kaizen no setor de fabricação de fio dental em uma empresa de higiene oral.....	56
Capítulo IV: Estudo sobre as tecnologias existentes e as inovações sobre as placas de energia solar fotovoltaica.....	44
Capítulo V: Proposta de melhoria no processo de soldagem MIG/MAG do aço ABNT 1020 com o auxílio de uma base de cerâmica cordierita.....	77
Capítulo VI: Estudo comparativo de revestimentos entre metalização por aspersão térmica e soldagem mig/mag em aço sae 5140	102



e-TEC

A Faculdade de Tecnologia SENAI Londrina agradece o apoio fundamental de toda a equipe do SENAI Londrina, para a realização e conclusão desta obra.

Prefácio

A Revista e-tec SENAI Londrina é um periódico técnico-científico com publicação semestral, cujo objetivo principal é fomentar a pesquisa nas áreas de inovação, educação profissional, científica e tecnológica. A revista publicada eletronicamente recebe artigos inéditos (teóricos ou teórico-empíricos) de usuários de todo o Brasil e do exterior; aceitando publicações em Português, Espanhol e Inglês. Publica também entrevistas com pesquisadores, profissionais e personalidades que contribuem de forma relevante com as linhas de pesquisa e com o perfil profissional do egresso da Faculdade de Tecnologia SENAI Londrina. Os entrevistados em cada edição são indicados pelo editor chefe ou pelo conselho editorial e avaliados pelos membros do comitê executivo.

Os artigos e resenhas podem ser submetidos à revista, de forma ininterrupta e são avaliados inicialmente pelo comitê executivo, que realiza o enquadramento nas linhas de pesquisa da revista; e, na sequência encaminha para os avaliadores cadastrados.

Os critérios para a composição do corpo editorial do periódico estão relacionados com a experiência profissional docente e as atividades de aprendizagem e de inovação que a Faculdade de Tecnologia SENAI Londrina implementa conforme o seu plano de desenvolvimento institucional.

INTRODUÇÃO

Esta publicação tem caráter multidisciplinar com a intenção de ser utilizada por alunos de graduação e pós-graduação das áreas exatas e de gestão das instituições de ensino. Os diversos autores divulgam conceitos e experimentos aplicados na moderna indústria.

Muitas vezes os procedimentos, aqui divulgados, são resultados de trabalhos experimentais ou aplicados efetivamente na solução das demandas industriais.

O objetivo fundamental, a ser alcançado neste periódico, é a divulgação dos trabalhos de conclusão de curso entre a comunidade acadêmica; visando, desenvolver suficiente habilidade para resolver questões semelhantes que podem aparecer durante o desenvolvimento de trabalhos durante o decorrer dos cursos; e, em desafios profissionais no mundo do trabalho. O texto foi organizado e dividido em capítulos, apresentando-se em cada um deles inicialmente um resumo, revelando ao leitor as características fundamentais e o foco de cada trabalho desenvolvido; desta forma, o leitor verifica e avalia o grau de interesse, dando continuidade no entendimento da obra escrita, observando com atenção os tópicos apresentados. Salientamos ainda que a estrutura de cada artigo é o modelo padrão deste periódico e o leitor quando motivado, pode submeter o seu trabalho para avaliação do corpo executivo através do e-mail "faculdade.londrina@pr.senai.br.

Boa leitura!

CAPÍTULO I – ESTUDO DA UTILIZAÇÃO DE MOTOR ELÉTRICO PARA TRACÇÃO DE COLHEDEIRA DE GRAMA

< ALEFE BATIVA DOS SANTOS >¹
< MARCO ANTÔNIO DOS ANJOS >²
< WESLEY CANDIDO DA SILVA >³

Resumo: Atualmente as gramas cultivadas para o replantio geram um alto custo de manejo para comercialização. Os altos custos dos combustíveis bem como os custos de manutenção dos equipamentos utilizados na colheita das gramas reduzem muito a margem de lucro dos cultivadores. Através de análise comparativa de equipamentos existentes, estaremos apresentando neste trabalho uma proposta de melhoria para colheitadeira de grama usada no cultivo, onde o motor à combustão seria substituído por um motor elétrico. Espera-se obter uma melhora de mobilidade do equipamento, bem como, reduzir os custos com combustíveis, reduzir os ruídos, tornando o processo de colheita mais competitivo no mercado.

Palavras-chave: Motor elétrico, Economia, Sustentabilidade, Gramicultura.

Abstract: At present, the grams grown for replanting generate a high management cost for commercialization. The high fuel costs as well as the maintenance costs of the equipment used to harvest the grams greatly reduce the profit margin of the growers. Through a comparative analysis of existing equipment, we will present in this work a proposal to improve the grass harvesters used in its cultivation, for replanting, where the combustion engines would be replaced by electric motors. It is expected to improve equipment mobility, reduce fuel costs and reduce noise, making the harvesting process more competitive in the market.

Keywords: Electric motor. Economy. Sustainability. Gramicultura.

1< Discente Graduando em Tecnologia em Fabricação Mecânica, Faculdade de Tecnologia SENAI de Londrina; alefe_bativa@hotmail.com >

2< Docente Mestre do curso em Tecnologia em Fabricação Mecânica, Faculdade de Tecnologia SENAI de Londrina; anjos_marco@hotmail.com >

3< Docente Especialista do curso em Tecnologia em Manutenção Industrial, Faculdade de Tecnologia SENAI de Londrina; wesley.candido@sistemafiep.org.br>

1. INTRODUÇÃO

Proporcionando paisagens bonitas e melhorando a qualidade de vida dos indivíduos e da sociedade, o paisagismo é a arte de recriar a beleza da natureza, mantendo o equilíbrio do ecossistema que foi destruído pelo homem em suas construções e estradas, para que isto ocorra, as modificações da paisagem natural muitas das vezes são feita pelo processo de jardinagem, que é dinâmico, portanto vem crescendo o ramo de paisagismo, e nessa área utiliza-se muita grama para deixar o ambiente mais agradável, não podemos nos esquecer de que, os clientes também estão mais exigentes em relação à qualidade dos serviços prestados, com esse aumento da demanda no ramo da jardinagem fez com que muitos agricultores passaram a fazer parte da gramicultura.

Contando com este tipo de produção, uma consequência disso reflete na necessidade de novas tecnologias, e na construção de máquinas que tenha a função de remover a grama como forma de tapetes, para se ter uma melhor qualidade e uma uniformidade na ora do plantio da mesma, atualmente existem vários tipos de máquinas que executam esse tipo de serviço. Cada qual com suas particularidades, entre estas se sobressaem:

- Utilização de combustível fóssil;
- Grande porte;
- Necessidade de ser puxada por outra máquina;
- Custo muito alto, entre outros.

Baseado nestas particularidades, isto muitas vezes pode inviabilizar para os produtores que queira entrar no ramo.

De acordo com estes embasamentos, com um olhar voltado para os produtores que queira iniciar neste ramo, e os que já estão como, por exemplo, os que atuam em o paisagismo de fazendas, rodovias, casas, prédios, e que necessitam de produzir grammas, ou remove-las de um lugar para por em outro, com um custo menor.

No contexto de um estudo que possa contribuir com este ramo de atuação e ao mesmo tempo desenvolvendo conhecimentos aprendidos no curso de Fabricação Mecânica da Faculdade de Tecnologia SENAI Londrina. Propomos neste trabalho a implantação de motor elétrico em um modelo de colhedeira de grama para baratear no preço da máquina e dar uma melhor economia para a máquina.

A ideia deste estudo é melhorar o desempenho de uma colheitadeira de grama com a implantação de motor elétrico, e com isso consequentemente trazer a preservação do meio ambiente, por não usar combustíveis fósseis.

Atualmente nas grandes fazendas que cultivam grama para comercializar, o trabalho de colher grama é feito com maquinas como *Sod Harvesters* [colheitadeiras relvado], *Sod Cutter* [cortador relvado], que são produzidas fora do Brasil, de acordo com as figuras 1 e 2. Existe também as maquinas mais simples produzida aqui no Brasil, que são bem parecidas com as produzidas no exterior, de acordo com as figuras 3 e 4.

Figura 1 – Sod Cutter



Fonte: Billy Goat (2015)

Figura 2 – Sod Harvesters



Fonte: TREBRO (2015)

Figura 3 – Colhedeira de Grama



Fonte: Do autor (2016)

Figura 4 – Colhedeira de Grama



Fonte: Do autor (2016)

O principal problema dessas máquinas é a emissão de gases poluentes, já o problema da máquina da figura 2, 3, e 4 é o tamanho, por quanto elas ou são puxadas, ou acopladas nos tratores, devido a elas não terem motores acoplados em sua estrutura. A emissão de poluentes do óleo diesel que é usado nos motores dos tratores, é superior aos outros tipos de combustíveis, como a gasolina e o álcool, então o diesel é muito prejudicial para a saúde humana, e para com o meio ambiente. A implantação do motor elétrico será específica na colhedeira de grama do modelo da figura 4.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Produtividade

Baseado no autor abaixo, no início dos anos 1900, um agricultor norte-americano que usava as ferramentas agrícolas e os métodos existentes naquela época era capaz de produzir alimento apenas para um pequeno grupo de pessoas. Com as tecnologias mais eficientes do século XX, hoje um agricultor pode produzir o suficiente para alimentar 130 pessoas.

Esse aumento da produtividade na ordem de 40 vezes deve-se, principalmente, ao abandono da tração animal em favor da mecanização. A quarta conquista mais importante da profissão relaciona-se ao desenvolvimento de tecnologias por engenheiros mecânicos, para melhorar a eficiência da indústria agrícola. (WICKERT; JONATHAN, 2007, p. 11).

2.2 Engenharia

No mundo atual de hoje as necessidades são ainda mais exigentes por causa das coisas que vem acontecendo com o nosso planeta, como a alta exploração dos recursos naturais, por que:

A essência da engenharia é a utilização dos recursos e leis da natureza em benefício da humanidade. A engenharia é uma ciência aplicada, no sentido de que é dedicada á compreensão dos princípios científicos, e sua aplicação atende a um objetivo preestabelecido. O projeto de engenharia mecânica é um dos principais segmentos da engenharia; ele trata dos conceitos, do projeto, do desenvolvimento, do refinamento e das aplicações de máquinas e dispositivos mecânicos de todos os tipos (JUVINALL; ROBERT C, 2008, p. 3).

Com isso traz o aquecimento solar, escassez de água, derretimento das geleiras entre outras, e também as necessidade das pessoas em ter algo que realmente atende as suas necessidades. De acordo com WICKERT (2007, p. 10).

Um aspecto da Engenharia Mecânica envolve projetar máquinas que convertem energia de uma forma em outra. Energia abundante e barata é reconhecida como um fator essencial para o crescimento econômico e a prosperidade, e a geração de energia elétrica é reconhecida como um grande aprimoramento no padrão de vida de bilhões de pessoas ao redor do globo.

2.3 Projeto

Entre os diferentes métodos para se projetar essas máquinas que convertem energia natural em energia mecânica dispõe-se de vários tipos diferentes de desenhos.

“O croqui de uma concepção é geralmente o ponto inicial de um projeto. Pode ser um croqui à mão livre, mas deve ser sempre feito razoavelmente em escala para exibir proporções geométricas realistas.” (NORTON; ROBERT L, 2004, p. 39). Estes desenhos fazem com que se tenha uma visão fictícia inicial do projeto, como várias partes que vão compor a Máquina. (A Máquina é “um aparato que consiste em unidades inter-relacionadas, ou um dispositivo que modifica a força ou movimento.” (NORTON; ROBERT L, 2004, p. 33), tendo estes desenhos em mão, fica mais fácil para identificar defeitos, fazer alterações etc.

2.4 Motores a diesel

Essas máquinas que são fabricadas para o setor do cultivo agrícola, são praticamente todas produzidas com motores a diesel, e estes são os mais poluentes, eles podem emitir centenas de espécies de poluentes na nossa atmosfera, um dos compostos emitidos de maiores concentrações é o NO_x [Óxidos de Nitrogênio]. Existem estudos que já foram feitos em túneis mostraram que os motores que usam o diesel como combustível produzem cinco vezes mais partículas do NO_x [Óxidos de Nitrogênio] do que os veículos que usam gasolina como combustível, e que os caminhões são extremamente responsáveis pela maior parte da emissão de material particulado.

2.5 Motores de corrente contínua

Um motor elétrico é uma máquina capaz de transformar energia elétrica em energia mecânica, utilizando normalmente o princípio da reação entre dois campos magnéticos. De acordo com o Grupo WEG - Unidade Energia “ Os motores de corrente contínua são concebidos com as mais modernas tecnologias de projeto, resultando em máquinas compactas e com excelentes propriedades dinâmicas, atendendo as mais diversas aplicações nas áreas de automação e controle de processos.” Weg (2012)

3. METODOLOGIA

A metodologia aplicada foi a coleta de dados para a análise do funcionamento das máquinas já existentes, para isso foi necessário ir até uma propriedade rural onde se cultivam grama, para fazer uma autópsia das máquinas, após esta pesquisa, requer fazer um croqui, este croqui faz com que o projetista tenha uma base do funcionamento do equipamento, e possa fazer as melhorias da mesma. Para fazer este croqui será usado o *software* de desenho chamado *SolidWorks*. Para fazer as melhorias da máquina a ser projetada, será necessário também, saber como é o trabalho desenvolvido das máquinas que são utilizadas pelos agricultores que cultivam gramas.

A fim de atender o objetivo principal deste artigo bem como os objetivos específicos, os resultados foram estruturados e apresentados na discussão em forma de tópicos, sendo eles:

- Redução de poluentes
- Redução do tamanho da máquina
- Redução da poluição sonora
- Praticidade

Serão analisados quais fatores poderá contribuir para a não emissão de poluentes, e que contribuirá para o desenvolvimento de um estudo que possibilite a redução do tamanho da colhedeira, para que isso ocorra será necessário realizar a construção dos desenhos técnicos, para que possa identificar pontos que tragam praticidade e versatilidade para os usuários, deixando-o um projeto compacto.

Pensando em um estudo que seja sustentável, proponho que sejam instalados motores elétricos nas colhedeiras, para que possa fazer a tração da mesma, na discriminação das partes que o compõe o projeto da máquina, prevendo a não emissão de gases poluentes, será desenvolvido um conjunto com as seguintes características que estão identificadas na Tabela 1.

Tabela 01: Partes que o compõe o projeto da máquina

Quantidade	Descrição dos Itens
1	Motor elétrico de empilhadeira 24v
4	Bateria 24v de caminhão
1	Controlador de Tração
1	Pedal Acelerador Eletrônico
1	Carregador

Fonte: Do autor (2016)

Algumas considerações sobre o funcionamento do projeto:

- O motor elétrico será para tracionar a colhedeira de grama.
- A bateria será para acionar o motor elétrico 24v e armazenar carga elétrica.
- O controlador de tração permite o ajuste das rampas de aceleração e reversão, além da velocidade tartaruga por meio de programação, também possui proteção contra bateria baixa e alta temperatura.
- O pedal de acelerador será para avançar e voltar a máquina

O estudo vem apresentar um projeto que se espera que trará muitos benefícios para as colhedei ras de grama, e aos futuros usuários. O projeto substituirá os tratores com motores a combustão por motores elétricos acoplados diretamente nas colhedei ras, desenvolvendo um estudo que traga uma solução viável e sustentável para usuários de máquinas do tipo colhedeira de grama, identificando possíveis pontos de melhorias, estudando diferentes tipos de motores elétricos, em dados que possibilitem uma conclusão de viabilidade do projeto.

4. ANÁLISE E DISCUSSÃO

Com o aumento da produção de grama para o plantio, houve uma demanda muito grande na parte de produção de máquina, para que se fosse possível colher as gramas, e com isso a necessidade de novas tecnologias e redução de custos também, para que fosse possível suprir a produção das gramas, visando isto propomos este projeto.

Com este projeto pretende-se apresentar uma melhoria na qual os usuários espera-se ter ganhos tanto financeiros como também um ambiente mais agradável, com a implantação de um motor elétrico muitas coisa vão melhorar na máquina, como por exemplo a não emissão de gases poluentes, e

a redução dos ruídos será drasticamente, a economia que vai obter por não ter que comprar gasolina ou diesel será muito grande. Com a instalação do motor elétrico na própria máquina de colher a grama, não haverá a necessidade de se ter um trator, por que a mesma será alto dirigível, trazendo mais economia para o produtor de grama, barateando o valor de produção da mesma.

Com a substituição do motor a diesel para o motor elétrico não haverá mais a emissão dos poluentes que o motor a diesel gera, eles podem emitir centenas de espécies de poluentes na nossa atmosfera, um dos compostos emitidos de maiores concentrações e o NO_x [Óxidos de Nitrogênio], com a troca do motor reduzirá para zero a emissão de poluentes da máquina, por que os motores elétricos não geram poluentes atmosféricos, Trazendo um ambiente mais agradável.

Ainda sobre a redução do tamanho da máquina, por consequência das modificações de motorização, a mesma tem um tamanho de 5 metros de comprimento por 2 metros de largura quando está trabalhando em conjunto com o trator ver figura 5 e 6, com a substituição do trator que puxa a colhedeira, e instalando um motor elétrico em sua própria estrutura, seu tamanho caíra para 1,68 metros de comprimento por 1,038 metros de largura, ver figura 7, 8 e 9, fazendo com que a mesma seja alto dirigível.

Figura 5 – Sod Cutter



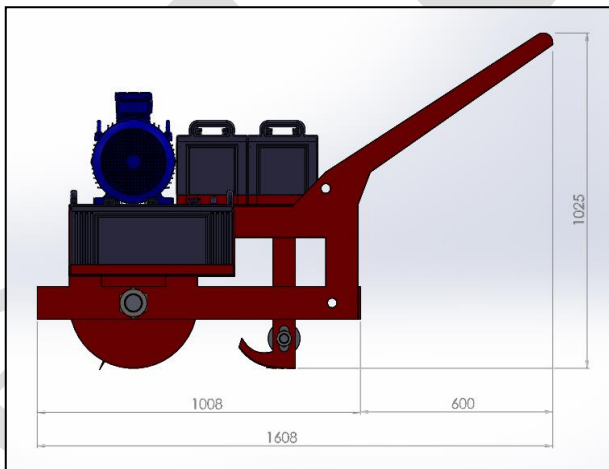
Fonte: Do autor (2016)

Figura 6 – Sod Cutter



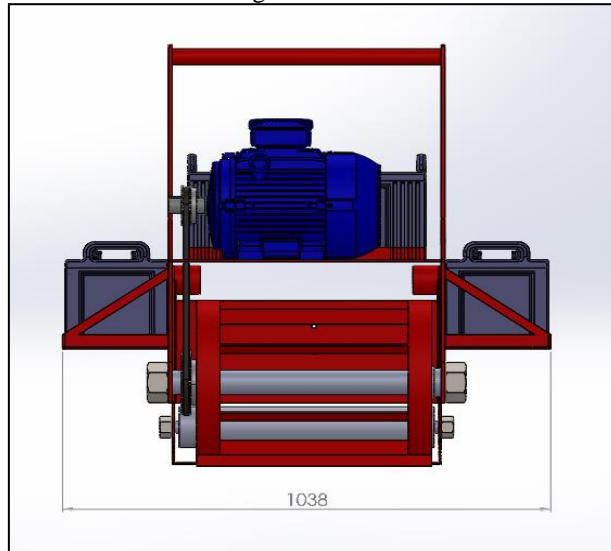
Fonte: Do autor (2016)

Figura 7 – Sod Cutter



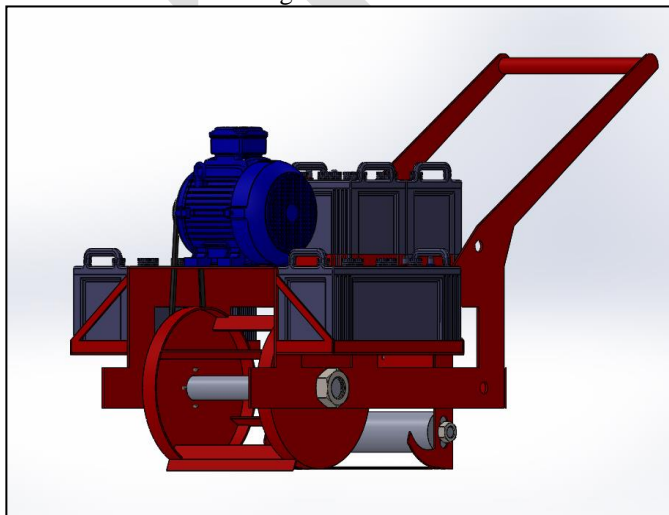
Fonte: Do autor (2016)

Figura 8 – Sod Cutter



Fonte: Do autor (2016)

Figura 9 – Sod Cutter



Fonte: Do autor (2016)

A maioria dos motores a combustão utilizados no campo não tem um silenciador que reduz bem o ruído provocado pela explosão causada na câmara de combustão do mesmo, este ruído varia de 90 a 95 decibéis

trazendo um desconforto para o operador da máquina. Removendo o motor a combustão e colocando um motor elétrico, terá uma redução muito grande no ruído da colhedeira, por quanto os motores elétricos são muito silenciosos, o ruído do mesmo varia entre 75 a 80 decibéis, trazendo também uma condição de trabalho mais agradável para o operador.

Com a substituição do motor a combustão para o motor elétrico, trará para os usuários que trabalham com jardinagem, uma praticidade muito grande por quanto ele simplesmente terá que por a máquina para recarregar as baterias e depois usá-la, e também dará a possibilidade de ligar diretamente na tomada doméstica, fazendo com que possa assim ser utilizada em residências, condomínios e prédios.

5. CONCLUSÕES

De acordo com os estudos realizados, foi possível identificar no desenvolvimento do croqui, uma redução no tamanho do equipamento, possibilitando assim uma melhora na mobilidade no processo de colheita da grama. Embora não se tenha apresentado dados comprovados, da emissão acústica do funcionamento do motor a combustão, é possível afirmar que, o ruído do funcionamento do motor a combustão é superior ao do motor elétrico. Conclui-se também que com a substituição de um motor a combustão por um motor elétrico fica evidenciada a redução dos custos de colheita, pois não será necessário ter gastos com combustíveis.

5.1 Sugestões para trabalhos futuros

Como sugestões para pesquisas futuras:

- Fazer um protótipo real deste projeto.

Trabalhar em um novo modelo que tenha uma faca cortante vibratória, para que possa facilitar no corte da grama não precisando de pesos em cima da faca, diminuindo assim o tamanho das baterias.

REFERÊNCIAS

BILLY GOAT. 18”Hydro drive sod cutter. Disponível em: <<http://www.billygoat.com/Product-Categories/Detail/18-hydro-drive-sod-cutter>>. Acesso em: 10 nov. 2015.

COLHEITADEIRA DE GRAMA (Cód. 154920). Disponível em: <<http://comprar-vender.mfrural.com.br/detalhe/colheitadeira-de-grama-154920.aspx>>. Acesso em: 15 abr. 2015.

COMBUSTÍVEIS Fósseis. Disponível em: <http://www.suapesquisa.com/o_que_e/combustiveis_fosseis.htm>. Acesso em: 15 set. 2015.

EMISSÃO dos escapamentos dos veículos. Disponível em: <<http://portal.rebia.org.br/cidadania/2095-emissao-dos-escapamentos-dos-veiculos>>. Acesso em: 15 set. 2015.

ESTIMATIVA dos poluentes emitidos pelos ônibus e microônibus de Campo Grande/MS, empregando como combustível diesel, biodiesel ou gás natural. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1413-41522006000200003&script=sci_arttext>. Acesso em: 15 set. 2015.

HOW to Use a Sod Cutter. Disponível em: <http://garden.lovetoknow.com/wiki/How_to_Use_a_Sod_Cutter>. Acesso em: 20 out. 2015.

Habenicht August F. Sod cutter. EUA nº US2614477 A, 27 dez. 1948, 21 out. 1952. . Disponível em: <<https://www.google.com/patents/US2614477>>. Acesso em: 23 nov. 2015.

JUVINALL, Robert C.; MARCHEK, Kurt M.. **Fundamentos do Projeto de Componentes de Máquinas.** 4. ed. Rio de Janeiro: Focus, 2008. 500 p.

"KICK-TYPE" Sod Cutters. Disponível em: <<http://quailsodcutter.com/>>. Acesso em: 11 nov. 2015.

LAWN RENOVATION: WHY CUT SOD. Disponível em: <<http://ryanturf.com/ryan-why-cut-sod/>>. Acesso em: 10 nov. 2015.

NORTON, Robert L.. **Projetos de Máquinas.** 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2004. 931 p.

O QUE os olhos não vêem. Disponível em: <http://planetasustentavel.abril.com.br/noticia/saude/conteudo_231978.shtml>. Acesso em: 15 set. 2015.

RELVADO. Disponível em: <<http://www.dicionarioinformal.com.br/relvado/>>. Acesso em: 20 nov. 2015.

SOD OFF (IN AN ECO-FRIENDLY WAY). Disponível em: <<http://gardeninggonewild.com/?p=312>>. Acesso em: 15 out. 2015.

TURF Tick Products. Disponível em: <<http://www.nannings-turftick.com/pages/en/multimedia/turf-tick-producten/>>. Acesso em: 25 jul. 2015.

TREBRO. Disponível em: <http://www.trebro.com/used-equipment/2006-trebro-harvestack/> Acesso em: 20 out. 2015.

WEG. Motores de Corrente Contínua. Jaraguá do Sul - Sc: Grupo Weg - Unidade Energia, 2012.

WICKERT, Jonathan. **Introdução à Engenharia Mecânica.** 2. ed. São Paulo: Thomson Learning, 2007. 355 p.

CAPÍTULO II – IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA 5S NO SETOR DE CORTE E CONFORMAÇÃO

< CAIO CÉSAR DELGADO GÓES>¹
< EDGARD JOSÉ CARBONELL MENEZES>²
<SAULO SAES>³
<APARECIDO SERAPIÃO DOS SANTOS>⁴

Resumo: Esse artigo tem por objetivo apresentar a importância da aplicação da ferramenta 5S no setor de corte e conformação da empresa estudada e apresentar os fundamentos e os resultados obtidos através da implantação dessa ferramenta. A perspectiva é buscar o crescimento constante alcançando resultados favoráveis a partir da satisfação dos clientes. Para isso, buscam adotar, em todo momento, ferramentas de gestão (Kaizen, Manufatura Enxuta) para atender suas necessidades. A metodologia aplicada para o desenvolvimento deste artigo foi à coleta de dados, através de pesquisa bibliográfica com informações pesquisadas e publicados por diversos autores, além de estudo de caso relacionado a uma indústria metalúrgica. Com os dados coletados, foi feita uma análise verificando as possíveis melhorias, redução de custos e a otimização dos processos. Os resultados obtidos foram a alteração do layout do setor de corte e conformação, a realocação dos produtos estocados, a fabricação de novos produtos com sucata e a minimização de perdas.

Palavras-chave: 5S. Corte e Conformação. Kaizen. Manufatura Enxuta.

Abstract: This paper aims to present the importance of applying the 5S tool in the cutting and forming sector of the company studied and to present the fundamentals and the results obtained through the implementation of this tool. The perspective is to seek steady growth, achieving favorable results from customer satisfaction. For this, they seek to adopt, at all times,

¹< Discente Graduando em Tecnologia em Fabricação Mecânica, Faculdade de Tecnologia SENAI de Londrina; caiodelgado@hotmail.com>

²< Doutor (USP); Docente pela Faculdade de Tecnologia SENAI de Londrina; edgard.menezes@pr.senai.br>

³<MBA Sistema de Produção – Faculdade de Tecnologia do Senai Londrina. E-mail: saulo.saes@fiepr.org.br>

⁴<Especialista – Faculdade de Tecnologia do Senai Londrina. E-mail: aparecido.serapião@pr.senai.br>

management tools (Kaizen, Lean Manufacturing) to meet their needs. The methodology applied for the development of this article was to collect data, through a bibliographical research with information researched and published by several authors, in addition to a case study related to a metallurgical industry. With the data collected, an analysis was made to verify the possible improvements, cost reduction and the optimization of the processes. The results obtained were the alteration of the layout of the cutting and forming sector, the reallocation of the stock products, the manufacture of new products with scrap and the minimization of losses.

Keywords: 5S. Cutting and Forming. Kaizen. Lean manufacturing.

1. INTRODUÇÃO

A competitividade nos dias de hoje tornou-se grande preocupação das empresas em diversas áreas. Em uma indústria do ramo metalúrgico não é diferente, por isso saber reconhecer o que agrega valor em um processo faz grande diferença no desempenho de uma empresa. A perspectiva de uma empresa é buscar o crescimento constante, alcançando resultados favoráveis tendo em vista a satisfação de seus clientes. Para isso, empresas buscam em todo momento ferramentas de gestão de acordo com suas necessidades, entre várias ferramentas, o 5S foi o ponto inicial nesse processo de mudança.

Conformação de chapas é o processo de transformação mecânica que consiste em conformar uma chapa à forma de uma matriz, pela aplicação de esforços transmitidos através de um punção. Na operação ocorrem alongamento e contração das dimensões de todos os elementos de volume. A chapa, originalmente plana, adquire uma nova forma geométrica (CIMM, 2015).

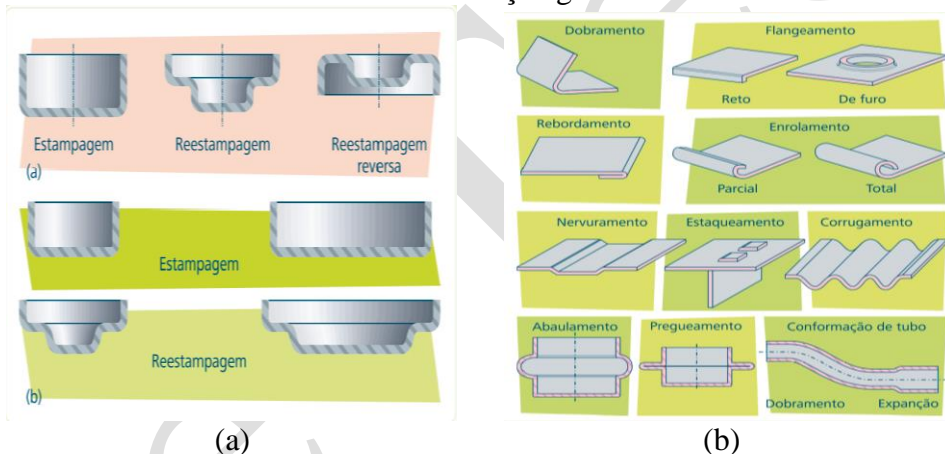
A grande preocupação das empresas gira em torno de custos, por isso, empresas adotam métodos de melhoria contínua para inovar seus processos produtivos, minimizando perdas. Sendo assim o objetivo do trabalho foi implantar a metodologia 5S no setor de corte e conformação da empresa Usinametal com uma possível utilização de outras ferramentas posteriormente visando uma melhoria contínua.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 CORTE E CONFORMAÇÃO MECÂNICA

Entende-se por conformação dos metais a modificação de um corpo metálico para outra forma definida. Dividem-se em dois grupos: (a) processos mecânicos, nos quais as modificações de forma são provocadas pela aplicação de tensões externas; e (b) processos metalúrgicos, nos quais as modificações de forma estão relacionadas com altas temperaturas. Dentre os processos de conformação de chapas existe a estampagem profunda ou embutimento e a conformação geral (Figura 1) (ROCHA, 2012).

Figura 1 - Processos de (a) estampagem profunda e (b) processos de conformação geral.



Fonte: Adaptado de ROCHA. (2012).

É o processo utilizado para fazer com que uma chapa plana (blank) adquira a forma de uma matriz (fêmea), imposta pela ação de um punção (macho). O processo é empregado na fabricação de peças de uso diário (portas de carro, perfis estruturais, etc.).

2.2 KAIZEN

Quando se fala em melhoria contínua, existem varias ferramentas de apoio para que consiga executar o Kaizen em uma indústria, dentre elas se

destaca o 5S, pois proporciona um ambiente limpo, layout adequado, diminuição de resíduos, entre outros. Assim, se torna visível enxergar onde será possível efetuar a mudanças de acordo com o Kaizen.

Kaizen, na língua japonesa, significa melhoramento. No contexto da Qualidade Total, significa melhoramento contínuo, com envolvimento de todos na organização, desde o chão de fábrica até alta administração (IMAI, 1994).

Para Imai (1994, p. 138), “Kaizen significa pequenos melhoramentos feitos no status quo, como resultado dos esforços contínuos”, e não melhoramentos drásticos resultantes de grandes investimentos, os quais caracterizam a inovação.

Segundo RENÓ *et al.* (2010), melhoria contínua é um processo focado na inovação incremental e contínua. A essência da melhoria contínua está na busca rumo à evolução constante e consciente, superando obstáculos, solucionando problemas, aprendendo com erros e acertos, ensinando, conhecendo, contribuindo, assim, não somente para o crescimento pessoal e individual, mas também profissional e organizacional.

Para acompanhar o ambiente em constante transformação, torna-se essencial ter pensamentos e ações voltados para a melhoria contínua, enfim, desenvolver uma cultura com base nela. Sua prática facilita a criação de um ambiente de aprendizagem continuada, buscando o melhor uso do conhecimento existente na organização e potencializando a capacidade de criação de novos conhecimentos.

2.3 MANUFATURA ENXUTA

Criada no Japão pós Segunda Guerra Mundial, pelo empresário Taiichi Ohno e seus colaboradores, a filosofia manufatura enxuta surgiu da necessidade da empresa Toyota de eliminar desperdícios, para assim se tornar uma empresa competitiva no ramo automobilístico. Essa filosofia enxuta visa uma manufatura flexível, com estoques baixo, eliminação de desperdícios no processo, redução de quebras e falhas, layouts enxutos, identificação das atividades que agregam valor ao produto, etc. É uma filosofia que visa atender as necessidades dos clientes exatamente como ela desejam e no tempo certo.

Para que a manufatura enxuta alcance resultados favoráveis, é necessário que o 5S seja implantado junto a esse processo, pois suas atribuições facilitam o bom funcionamento do *lean manufacturing*.

E esse contexto de desafios e mudanças requer funcionários motivados, satisfeitos e comprometidos, uma vez que eles são fundamentais no processo de desenvolvimento organizacional (VARGAS, 2009).

Sendo assim, os esforços para à alavancagem da competitividade organizacional devem ser focados na eliminação dos desperdícios e valor agregado dos produtos (RENÓ *et al.* (2010). Durante décadas a Toyota aplicou e melhorou seu sistema nas fábricas com operadores e administradores aprendendo novos métodos por meio da prática no seu ambiente de trabalho.

2.4 FERRAMENTA 5S

O programa cinco sentidos, mais conhecido como “5S”, é o passo inicial para a implantação de programas de qualidade (CAMPOS, 1992). A nomenclatura 5S significa os cinco sentidos que são abordados. Ela se baseia nas iniciais de cada sentido escrito em japonês. As palavras são SEIRI (Seleção), SEITON (Ordenação), SEISOH (Limpeza), SEIKETSU (padronização) e SHITSUKE (disciplina) (ISHIKAWA, 1986).

A grande virtude do programa, além de ser uma introdução para outros programas de qualidade, está na mudança de comportamento dos funcionários envolvidos e a busca de um ambiente de trabalho agradável. Sendo assim, as empresas têm visto no programa uma forma de integração dos funcionários e padronização das atividades, por isso ele tem sido amplamente difundido (OSADA, 1992, p.49).

Por melhor que seja o gráfico de supervisão preparado em uma indústria, se os painéis de operação das máquinas estiverem sujos ou o chão da fábrica desorganizado e as máquinas cheias de graxa e poeira, sem demonstrar o menor sinal de manutenção recente, é impossível manter a qualidade da produção por muito tempo e a durabilidade do equipamento (OSADA, 1992, p.50).

A limpeza e organização do trabalho contribuem para um ambiente de trabalho apto para o gerenciamento visual de todo o processo, principalmente do controle de qualidade, e para a produção lean. Os 5S descrevem as práticas para a organização deste ambiente de trabalho.

- *Seiri*: separação dos itens necessários dos desnecessários. Os itens não utilizados com frequência devem ser retirados, pois atrapalham o trabalho rotineiro;

- *Seiton*: organização dos itens restantes. Cada item deve ter o seu lugar, pois cada um deve estar em sua respectiva área de trabalho;

- *Seiso*: limpeza de toda a área de trabalho. Nada deve estar fora do seu devido lugar ao final de cada turno;

- *Seiketsu*: padronização resultante dos três primeiros 5s relacionado à disciplina gerencial para institucionalizar as ações anteriores;

- *Shitsuke*: disciplina para que os demais 5s sejam mantidos. É necessário frisar a importância da manutenção do sistema. (ARAÚJO, 2004, p. 80).

O sistema 5S vem sendo implantado em muitas empresas porque aborda a questão sobre a melhoria da qualidade de maneira simples. Araújo (2004, p.81) afirma que “cerca de 25% a 30% dos defeitos de qualidade ocorrem, pois, a maioria das pessoas não enfatizam a importância da segurança, ordem e limpeza do local de trabalho”.

Na Figura 2 pode ser observado como o 5S funciona como uma roda de aperfeiçoamento, como um ciclo de melhoria contínua.

Figura 2 - 5S.



Fonte: Araújo (2004).

Segundo Araújo (2004, p.81), “o sistema 5S tem por finalidade manter a segurança e a eficiência do processo, reduzindo os custos da produção”. Estabelecendo padrões adequados de organização, o número de acidentes é reduzido (segurança); o uso correto de máquinas e ferramentas e

sua manutenção aumentam a eficiência do trabalho; já a redução dos retrabalhos, tempo e material desperdiçado, reduz os custos do produto final.

3 METODOLOGIA

3.1 A EMPRESA ALVO DO ESTUDO

A Usinametal foi fundada em 2007 na cidade de Cambé - Pr, conta com 15 empregados, atua como prestadora de serviço, fornecendo serviços de corte e conformação de chapas, usinagem e solda. Sua sociedade é constituída por dois sócios. Conta com uma área útil de 1200 m², tendo capacidade instalada para manufatura de 100 toneladas de chapas de aço por mês. O setor de corte e conformação é composto por seis equipamentos conforme a tabela 1

Tabela 1 – Equipamentos existentes no setor de corte e conformação.

Equipamentos	Quantidade	Observações
Guilhotina Newton	1	Utilizada parcialmente
Guilhotina Calvi	1	Máquina seminova, sendo a mais utilizada diariamente.
Dobradeira Newton	1	Utilizada parcialmente.
Dobradeira Calvi	1	Maquina CN, seminova, responsável pela agilidade da produção.
Prensa Excêntrica Jundiá 65 ton.	1	Utilizada parcialmente.
Calandra	1	Utilizada parcialmente.

Fonte: Do autor (2016).

Trabalham no setor de corte e conformação sete empregados ocupando diferentes cargos como pode ser visto na tabela 2.

Tabela 2 – Empregados atuando no setor de corte e conformação.

Cargos existentes	Quantidade	Observações
Operador de guilhotina	2	Os dois são operadores.
Operador de dobradeira	2	Os dois são operadores.
Auxiliar de Produção	2	Trabalham na prensa e calandra.
Encarregado de produção	1	Responsável pelo setor de produção.

Fonte: Do autor (2016).

Os cargos existentes do setor de corte e conformação são representados na Tabela 2, onde o encarregado de produção tem toda a responsabilidade por eles.

3.2 QUESTIONÁRIO APLICADO

Para obter os dados relevantes, foi aplicado o questionário (Quadro 1 e 2) ao gerente de produção. Com os dados coletados, foi feita uma análise verificando as possíveis melhorias, redução de custos e a otimização do processo. Por fim, foi apresentada ao setor de corte e conformação a implantação do sistema 5S.

Os modelos dos questionários aplicados estão representados nos quadros 1 e 2. Sua aplicação ocorreu em um único dia. O gerente da produção respondeu as perguntas verbalmente e suas respostas foram anotadas pelo pesquisador. Após a coleta das respostas (Anexo 1) o pesquisador analisou cada uma das informações utilizando-as posteriormente para promover as mudanças.

Toda essa análise foi feita junto aos gestores da empresa, foi possível esclarecer alguns problemas e enxergar novas melhorias no setor.

Quadro 1 - Questionário para levantamento das condições do setor.

Entrevistado: Gerente de Produção

Data: ____/____/____.

1. Quem faz parte do setor de corte e conformação da empresa?
2. Qual a função de cada integrante deste setor?
3. Qual o sistema de produção da empresa, lote, contínua ou por encomenda?
4. Quantas máquinas estão envolvidas no processo de corte e conformação?
5. Qual o custo da hora de cada máquina?
6. Quantas pessoas são necessárias em cada equipamento?
7. Qual o volume consumido diariamente pelo setor?
8. Qual o volume de perdas diárias pelo setor?
9. Qual o destino das perdas de matéria prima?
10. Como é feito o planejamento das necessidades de materiais?
11. Como é feito o planejamento de produção no corte e conformação?
12. Quais são as fases do processo de produção?

Fonte: Do Autor (2016).

Como exemplo, em uma das respostas o gerente afirmou que em relação ao destino das perdas de matéria prima, o material era vendido a R\$ 0,50 o quilo para empresas de reciclagem, essa informação gerou a ideia de que poderia essas perdas se tornar um meio lucrativo para a empresa produzindo dentro de sua estrutura diversos produtos.

Quadro 2 – Formulário dos 5 sentidos aplicado ao setor de corte e conformação da empresa.

0		1		2		3		4	
O atendimento ao item não é cumprido.		O atendimento ao item é pouco cumprido, necessitando vários melhoramentos.		O atendimento ao item é parcialmente cumprido, necessitando alguns melhoramentos.		O atendimento ao item é quase totalmente cumprido, restando algumas observações a serem cumpridas.		O atendimento ao item é totalmente cumprido.	
Senso	Item avaliado				Observações				Ptos.
Utilização	Existem documentos de outros setores que não estejam sendo utilizados?								
	Existem equipamentos, móveis desnecessários ou sem condição de uso?								
	Existem materiais, equipamentos fora dos locais de uso, adequados?								
Organização	Existem equipamentos fora dos locais de uso?								
	Existem pastas, caixas em desordem alfabética?								
	Existem documentos expostos, não arquivados em local apropriado ou desconforme com a tabela de temporalidade?								
	As caixas estão desorganizadas, não alinhadas, entreabertas?								
	Fios, cabos de equipamentos estão de maneira desordenada, muito exposta?								
Limpeza	Existe pó e sujeira sobre os armários, mesa, prateleiras, outros, que demonstre ineficiência na limpeza?								
	Os computadores (CPU, estabilizadores, monitores,								
	Existe lixo fora do local adequado?								
	O piso está livre de sujeira, resíduos (papéis, clips...)?								
Manutenção	Os itens a serem descartados ainda estão no setor avaliado?								
	Existem documentos acumulados, de meses anteriores a serem arquivados?								
	Existem móveis quebrados ou mal conservados?								
	As paredes estão com manchas, lascas, sujeira, entre outros.								
	Existem lâmpadas queimadas ou iluminação inadequada ?								
Auto-disciplina	As pessoas do setor estão cumprindo todos os sentidos?								
	Existem conflitos e resistência?								
	As pessoas estão satisfeitas com os resultados e internalizaram as rotinas?								

Fonte: Moreira (2011).

4. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A empresa Usinametal ao longo de todos esses anos obteve grandes resultados em relação a crescimento e qualidade de seus serviços. Mas com o passar do tempo, a empresa começou a enxergar problemas durante seus processos, como: perdas de matérias primas, desorganização, tempo ocioso, controle de qualidade, entre outros. São problemas que para os gestores da empresa não eram visíveis até o momento antes desse estudo. Importavam-se apenas com o giro da empresa, mas não como era feito todo o processo e como o serviço estava sendo executado na fábrica. A economia do país fez com que a concorrência entre empresas do ramo aumentasse, e isso fez com que os gestores despertassem optando por usar ferramentas de gestão para obter melhorias e resultados.

A figura 3 ilustra como era o estoque de retalhos de chapas de aço carbono antes do estudo, o local não tinha nenhum parâmetro de organização gerando um elevado custo de matéria prima.

Figura 3 - Estoque de retalhos de chapa antes do estudo.



Fonte: Do Autor (2015).

Analisando os dados do questionário, o primeiro passo para a mudança foi a conscientização de cada funcionário sobre como se encontrava o setor e o que poderia melhorar. Juntamente com os funcionários levantaram-se novas ideias e novos padrões de organização e controle, separando retalhos em tamanhos e espessuras para ter fácil acesso e agilidade no processo. A Figura 4 apresenta imagens das mudanças iniciais no ambiente de trabalho.

Figura 4 - Estoque atual de retalhos de chapa.



Fonte: Do autor (2016).

Depois de melhorar a organização dos retalhos com destinação correta, a empresa como consequência diminuiu suas compras de matéria prima, assim surgiram novas ideias para outras mudanças. Outro problema era que as chapas (matéria prima) quando chegava de seus fornecedores eram estocadas em pallets de madeira (Figura 5), e quando o operador precisava de uma chapa era necessário retirar de um a cinco pallets que estavam empilhados, a forma de guardar a matéria prima que era usada diariamente gerava um custo elevado para empresa com o gasto de gás para a empilhadeira além do tempo ocioso entre retirar a chapa e colocar novamente.

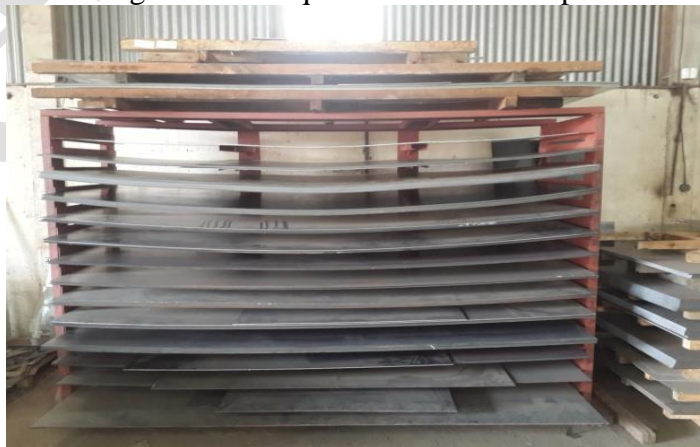
Figura 5 - Estoque de matéria prima anterior ao estudo.



Fonte: Do autor (2015).

Para resolver este problema, foi projetado um estaleiro de chapas economizando cerca de 50% do consumo por ano apenas com o gás de empilhadeira conforme mostra o (Tabela 3 e 4), sem contar o tempo ocioso de dois colaboradores. Esse sistema (Figura 6) facilitou a retirada de chapas, não necessitando da empilhadeira todo o tempo, apenas um carrinho e um ajudante para a execução.

Figura 6 - Estoque atual de matéria prima.



Fonte: Do autor (2016).

Esse estaleiro projetado facilitou o dia a dia dos colaboradores, onde estocavam somente o material para uso rápido, não necessitava da empilhadeira toda hora, apenas um carrinho resolveu o trabalho. Além disso, deu resultado financeiramente como mostra abaixo o antes e o depois da mudança.

Tabela 3 – Consumo de gás antes da implantação do sistema 5S.

Consumo de gás antes da implantação do sistema 5s			
	Gás empilhadeira	Valor unitário	Valor total
Consumo mensal	4	R\$ 90,00	R\$ 360,00
Consumo anual	48	R\$ 90,00	R\$ 4.320,00

Fonte: Do autor (2016).

Tabela 4 – Consumo de gás depois da implantação do sistema 5S.

Consumo de gás depois da implantação do sistema 5s			
	Gás empilhadeira	Valor unitário	Valor total
Consumo mensal	2	R\$ 90,00	R\$ 80,00
Consumo anual	24	R\$ 90,00	R\$ 2.160,00

Fonte: Do autor (2016).

Depois de todo o material organizado entre chapas (matéria prima) e retalhos no seu devido lugar, ficou fácil a visualização de quanto tinha de material estocado. Nesse ponto surgiu a ideia de verificar quais produtos eram possíveis de serem fabricados com estes retalhos. Foi possível utilizar o material que estava parado e até mesmo já cobrado em outros serviços. Outro ponto positivo foi que quando sua produção está ociosa, é possível a fabricação desses subprodutos fazendo com que sua produção não pare e a venda aumente gradativamente. Os principais subprodutos desenvolvidos foram trinco ferrolho, suporte de extintor e suporte de botijão de gás (Figura 7).

Figura 7 – Subprodutos fabricados com os retalhos (trinco ferrolho, peças para trinco e suporte bujão de gás).

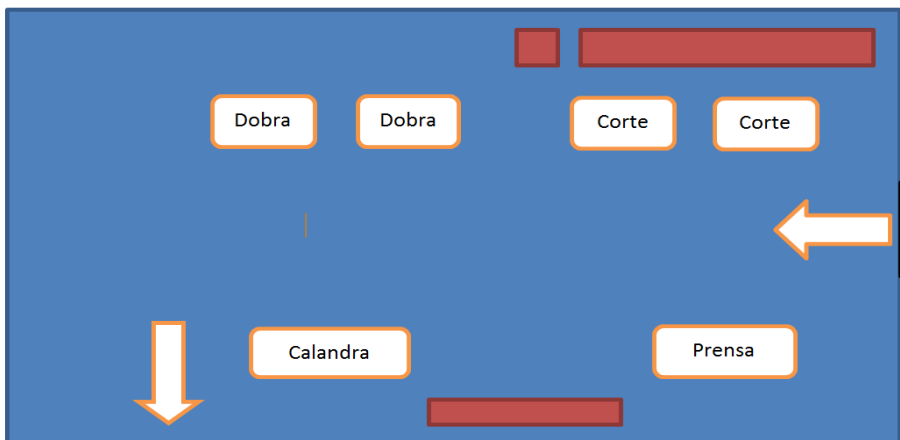


Fonte: Do autor (2016).

Esses produtos quando fabricados tem a facilidade ser vendido no mercado, pois todo esse dinheiro arrecadado com esses produtos é direcionado a investimento para empresa, tanto em equipamentos como novas melhorias.

Por fim foi adequado o layout do Processo de todo o setor de corte e conformação. O antes e o depois estão ilustrados nas Figuras 8 e 9 respectivamente.

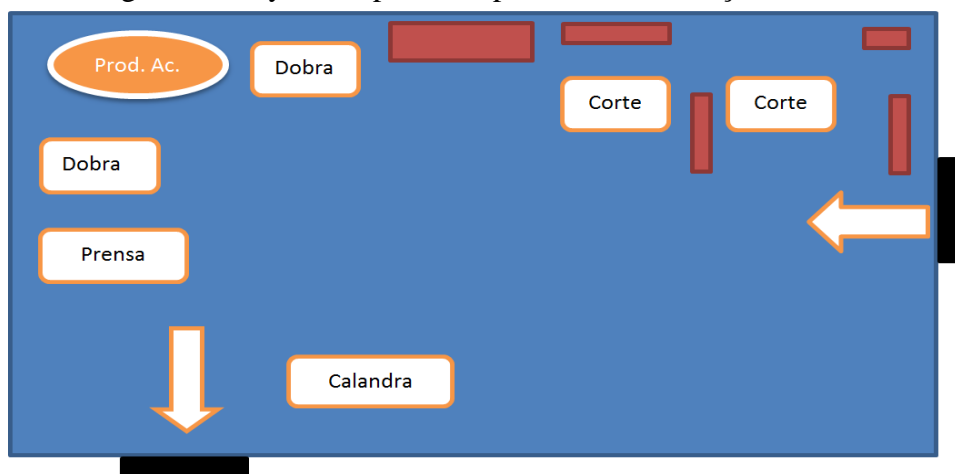
Figura 8 – Layout do processo anterior a instalação do sistema 5S.



Fonte: Do autor (2016).

Esse modelo acima como destaca a figura 8 era o layout em que se encontrava, não era a forma de ideal como exige uma melhoria contínua, o espaço poderia ser aumentado com uma nova mudança. Após o estudo foi feito uma nova adequação das maquinas como explica abaixo na figura 9.

Figura 9 – Layout do processo posterior a instalação do sistema 5S.



Fonte: Do autor (2016).

Esse novo layout trouxe a empresa uma forma de fluxo contínuo, onde facilitou a produção e deu novos espaços para investimentos posteriores.

5 CONCLUSÕES

Durante os 12 meses entre o estudo e a implantação do programa 5S na empresa Usinametal, foi possível vivenciar os resultados dessa ferramenta no que se refere às mudanças de comportamento e o ambiente de trabalho.

Portanto os gestores tiveram um papel importante nessa mudança, pois deram oportunidades aos colaboradores de opinar sobre melhorias, conseguiram juntos trazer a fabricação de novos produtos aumentando a lucratividade da empresa.

O comprometimento dos funcionários e o esforço em manter limpo e organizado o seu setor de trabalho foi um ponto positivo da implantação da ferramenta 5S, pois proporcionou maior facilidade para a manutenção da

limpeza, reduzindo o tempo de localização de ferramentas, diminuindo o desperdício de matéria prima e aumentando gradativamente a sua capacidade de produção.

Embora não tenha sido implantada a ferramenta em todos os setores da empresa, foi possível perceber que todos os funcionários da empresa mudaram seus hábitos e costumes de trabalho, a empresa se tornou mais limpa, organizada e o ambiente agradável. Assim o processo produtivo se tornou eficiente e os resultados da empresa foram eficazes.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, C. A. C. **Desenvolvimento e Aplicação de um Método para Implementação de Sistemas de Produção Enxuta utilizado os Processos de Raciocínio da Teoria das Restrições e o Mapeamento do Fluxo de Valor.** Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2004.

CAMPOS, V. F. **Qualidade Total:** Padronização de empresas; Belo Horizonte: Fundação Cristiano Otoni, 1992.

CIMM, Centro de Informação Metal Mecânica. **Conformação de Chapas –** Introdução. Disponível em: <
http://www.cimm.com.br/portal/material_didatico/6481-conformacao-de-chapas-introducao#.VjdiUNKrSUK>. Acesso em: 02 nov. 2015.

FRIGERI, Mônica. **Análise sobre o mapeamento do fluxo de valor:** uma ferramenta do sistema de produção enxuta. Monografia (Tecnólogo em Produção com Ênfase Industrial). Faculdade de Tecnologia de Taquaritinga, Taquaritinga 2008.

IMAI, Masaaki. **Kaizen: a estratégia para o sucesso competitivo.** 5. ed. São Paulo: IMAM, 1994.

ISHIKAWA, K. **TQC, total quality control:** estratégia e administração da qualidade; São Paulo: IMC, 1986.

MOREIRA, Elias. **Formulário de avaliação 5S. 2011.** Disponível em: http://www.manager.eliasmoreira.com.br/banco_arquivo/392.pdf. Acesso em: 11/09/2016.

OSADA, T. **Housekeeping 5S**: seiri, seiton, seiso, seiketsu, shitsuke; São Paulo: Atlas, 1992.

RENÓ, G.; DINIZ, C.P.; BERKENBROCK, T.; SEVEGNANI, G. **Aumento da Produtividade através do balanceamento das atividades dos operadores aplicando a metodologia Kaizen no chão de fábrica**. XXX Encontro Nacional de Engenharia de Produção. São Paulo, 2010.

ROCHA, Otávio Fernandes Lima da. **Conformação Mecânica**. Belém: IFPA; Santa Maria: UFSM, 2012.

VARGAS, Rodrigo. **Gestão Industrial**. 2009. Disponível em: <http://www.gestaoindustrial.com/index.php/industrial/manufatura/lean-manufacturing>. Acesso em: 13/09/2016.

ANEXO 1

Questionário para levantamento das condições do setor:

Entrevistado: Gerente de Produção

Data: ___/___/___.

1. Quem faz parte do setor de corte e conformação da empresa?

É composto por sete colaboradores, dentre eles: operadores de guilhotina, operadores de dobradeira, auxiliares de produção e encarregado de produção.

2. Qual a função de cada integrante deste setor?

Operador de guilhotina: preparar todo o corte da matéria prima para a produção, setor que exige atenção desde a segurança pessoal e o aproveitamento correto do corte da matéria prima.

Operador de dobradeira: após o corte da matéria prima, fica a responsabilidade do dobrador produzir a peças conforme os projetos, setor onde exige produtividade, pois outros setores dependem a todo o momento de sua produção. Responsável também por operar a prensa e a calandra quando necessário.

Auxiliares de produção: fica a sua responsabilidade auxiliar os operadores nas máquinas tanto de corte e dobra, calandra, prensa e também manter o setor limpo e organizado.

Encarregado de produção: responsável por supervisionar todo o processo de produção, verificando o funcionamento dos equipamentos, distribuindo o serviço a ser executado e acompanhando o trabalho dos operadores.

3. Qual o sistema de produção da empresa, lote, contínua ou por encomenda?

Como é uma empresa prestadora de serviço, sua produção é por encomenda, pois recebe o pedido, faz o orçamento e conclui a venda.

4. Quantas máquinas estão envolvidas no processo de corte e conformação?

Seis máquinas: duas guilhotinas, duas dobradeiras, uma prensa excêntrica e uma calandra.

5. Qual o custo da hora de cada máquina?

Custa em torno de R\$ 80,00 a R\$ 120,00 hora dependendo do serviço.

6. Quantas pessoas são necessárias em cada equipamento?

Operador de guilhotina: 2
Operador de Dobradeira: 2
Prensa excêntrica: 1
Calandra: 1

7. Qual o volume consumido diariamente pelo setor?

De 1000 Kg a 3000 Kg

8. Qual o volume de perdas diárias pelo setor?

De 50 Kg a 100 Kg de sucata por dia.

9. Qual o destino das perdas de matéria prima?

A sucata é vendida para uma empresa de fundição. Essa sucata é armazenada de forma para que não seja oxidada, pois agrega um valor maior na venda. Também são produzidas peças com esses materiais considerado perdas.

10. Como é feito o planejamento das necessidades de materiais?

Junto à parte administrativa, é feito uma média entre os últimos meses de produção, e denomina uma quantidade mínima de 2000 Kg de chapas por espessuras (13 tipos: 26000 Kg de estoque mensal).

11. Como é feito o planejamento de produção no corte e conformação?

Como a empresa é prestadora de serviço, todo momento surge novos cliente, com isso a produção é planejada em dois períodos, na parte da manhã e na parte da tarde. Em cada período é avaliado a urgência de cada cliente.

12. Quais são as fases do processo de produção?

Primeira fase: Corte da matéria prima;

Segunda fase: A dobra da matéria prima;

Terceira fase: Serviço de prensa ou calandra;

Quarta fase: controle de qualidade;

Quinta Fase: expedição.

CAPÍTULO III – BENEFÍCIOS DA FERRAMENTA KAIZEN NO SETOR DE FABRICAÇÃO DE FIO DENTAL EM UMA EMPRESA DE HIGIENE ORAL

< GUSTAVO TSUTSUI>¹

< CAMILA FOGAÇA DE OLIVEIRA>²

<EDGARD JOSÉ CARBONELL MENEZES>³

Resumo: O presente trabalho apresenta um estudo de caso de uma linha de produção conhecida como fio dental em uma empresa que atua no ramo de higiene oral sediada no norte do Paraná. Este estudo trata das melhorias, benefícios e os resultados obtidos na aplicação da ferramenta *Kaizen* no contexto operacional produtivo. Para realizar o estudo foi necessário formar e treinar os colaboradores do grupo *Círculo da Qualidade* com os conceitos das ferramentas *Lean Manufacturing* e *Kaizen* e aplicá-los na prática com o conhecimento adquirido. Os resultados obtidos neste setor foram evidentes como: mudança no layout, eliminação de desperdícios no processo de fabricação, criação de fluxo contínuo, otimização de mão de obra, aumento na produtividade ergonomia dos operadores.

Palavras-chave: Kaizen. Lean Manufacturing. Layout. Fio Dental.

Abstract: The present investigation presents a case study of a production line known as dental floss in a company that operates in the field of oral hygiene based in the north of Paraná. This study deals with the improvements, benefits and results obtained in the application of the Kaizen tool in the operational operational context. To carry out the study, it was necessary to train and train the employees of the quality circle group with the concepts of Lean Manufacturing and Kaizen tools and apply them in practice with the acquired knowledge. The results obtained in this sector were evident as: change in layout, elimination of wastes in the manufacturing process,

¹ < Graduando em Tecnologia em Fabricação Mecânica da Faculdade de Tecnologia Senai Londrina; gustavo22i@hotmail.com>

² < Mestre em Ensino de Ciências e Educação Matemática da Universidade Estadual de Londrina; camila.oliveira@pr.senai.br>

³ Doutor (USP); Docente na Faculdade de Tecnologia SENAI de Londrina; edgard.menezes@pr.senai.br>

creation of continuous flow, optimization of labor, increase in productivity ergonomics of the operators

Key-words: Kaizen. Lean Manufacturing. Layout. Floss.

1 INTRODUÇÃO

Em um mundo competitivo, as empresas buscam se preparar para os desafios e a sobrevivência no mercado. Vêm de encontro com esta ideia, novas tecnologias, otimização de processos e o aprimoramento do processo fabril. O empreendedor vem em busca de um sistema dinâmico para sua produção, tornando-a ágil, flexível e adaptada para atender a demanda do mercado.

Neste trabalho será apresentado um estudo de caso de uma empresa que atua no ramo de higiene oral localizada no norte do Paraná, que tem por objetivo se tornar a terceira empresa no ranking de vendas na América Latina.

Atualmente, ocupando o quinto lugar no ranking de vendas, investiu-se em qualidade e produtividade, fabricando seus produtos em máquinas alemãs com a mais alta tecnologia do mercado atual.

Neste artigo apresentaremos os benefícios que a ferramenta *Kaizen* pode proporcionar em uma organização. Para isso, buscamos realizar um estudo do *Lean Manufacturing* no contexto organizacional, com foco na aplicação dessa ferramenta em um setor de uma empresa que atua no ramo de higiene oral.

Na próxima seção será detalhado o que é *Lean Manufacturing*, alguns de seus princípios, a ferramenta *Kaizen*, o método chamado *Círculo de Qualidade* e Ciclo PDCA. Em seguida, apresentaremos os setores produtivos da empresa de higiene oral em estudo, mais especificamente, o setor de fabricação de Fio Dental e às melhorias obtidas nesse setor, tendo como base os princípios da ferramenta *Kaizen*.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O *Lean Manufacturing* é uma ferramenta do Sistema Toyota de Produção (STP) que apresenta uma mudança na filosofia organizacional visando à melhoria contínua no processo produtivo, reduzindo gastos desnecessários, desperdícios e o treinamento dos colaboradores, na busca de qualidade e produtividade com o menor custo.

Segundo Dennis (2008) a produção *Lean*, representa fazer mais com menos: menos espaço, menos tempo, menos esforço humano, menos maquinaria, menos material e ao mesmo tempo dar aos clientes o que almejam.

Alguns dos princípios básicos da ferramenta *Lean Manufacturing* abordados neste estudo são:

- Adaptação ou adequação dos postos de trabalho, das máquinas e dos equipamentos (COSTA JUNIOR, 2008). Mudança de *Layout*, ou seja, adaptação ou adequação da disposição física dos equipamentos, materiais, trabalhadores e etc., em uma determinada área (FRANKENFELD, 1990).
- Eliminação de etapas desnecessárias (desperdícios, *muda*). Desperdícios correspondem a atividades que não agregam valor para o cliente, mas que consomem tempo e recursos. Há dois tipos de desperdícios: Aqueles que são inevitáveis em uma determinada situação e aqueles que podem ser eliminados (LEAN INSTITUTE BRASIL, 2016).
- Criação de fluxo contínuo, ou seja, ritmo de acordo com a demanda sem desperdícios e sem interrupções no processo fabril (LEAN INSTITUTE BRASIL, 2016).
- Redução no tempo de ciclo refere-se ao tempo requerido para realizar uma atividade ou produzir um produto do início ao fim em um sistema de produção (ANTUNES, 2008).

- Melhoria de ergonomia no trabalho, visando o conforto do trabalhador sem perder a produtividade (IIDA, 2005).

A ferramenta *Lean Manufacturing* abrange várias outras ferramentas, entre elas a ferramenta *Kaizen*. Neste contexto, a palavra japonesa *Kaizen* significa *Kai* = mudança e *Zen*= melhor, ou seja, melhoria contínua, onde envolve todos os colaboradores de uma organização e afirma que pode melhorar a vida no trabalho e domiciliar (IMAI, 1994).

A filosofia *Kaizen* traz opções de mudanças, na qualidade de vida, mudanças culturais e nos padrões atuais buscando quebras de paradigmas, deixando de lado como o processo é feito atualmente, com foco na melhoria alternativa para a solução de um problema (COSTA JUNIOR, 2008).

Para facilitar a interpretação e as maneiras de aplicação desta ferramenta, Costa Junior (2008) apresenta algumas ideias fundamentais, as quais esclarecem o conceito da ferramenta *Kaizen*:

- Abandonar ideias fixas e rejeitar o estado atual das coisas;
- Em vez de explicar o que não se pode fazer, refletir sobre como fazer;
- Realizar de imediato boas ideias para alcançar melhorias;
- Não procurar as perfeições;
- Corrigir o erro de imediato no local;
- Considera as dificuldades como desafios;
- Procure as causas reais para encontrar a solução perfeita;
- Experimente e depois validar;
- As melhorias são infinitas. (COSTA JUNIOR, 2008, p. 29-33)

Utilizou-se dentro da ferramenta *Kaizen* o método chamado *Círculo de Qualidade*. Entende-se como *Círculo de Qualidade*, um grupo de colaboradores que se reúnem periodicamente para discutir problemas e analisar a melhor maneira de aprimorar uma determinada atividade o desempenho e a produtividade (CHIAVENATO, 2008).

Os membros do *Círculo de Qualidade* são livres para realizar pesquisas, coletar dados e tomar decisões. Com uma visão sistêmica esta ferramenta pode ser facilmente praticada nos setores, inclusive no setor de produção de fio dental da empresa de higiene oral que é o foco deste estudo.

Em meios de muitas etnias e costumes, as ideias citadas pelo autor podem trazer formas diferentes de pensamentos e princípios de mudanças culturais nas organizações ou na vida pessoal.

Portanto, a prática do *Kaizen* nunca tem fim, sendo possível melhorar qualquer atividade, proporcionando o envolvimento dos colaboradores, valorizando-os e motivando-os a alcançar resultados concretos e os objetivos da empresa com baixo custo de implantação.

A ferramenta *Kaizen* está diretamente relacionada com o ciclo PDCA, uma ferramenta que auxilia na análise de um problema e no planejamento do plano de ação para solucioná-lo por meio das etapas planejar (*Plan*), executar (*Do*), controlar (*Check*) e agir (*Action*), conforme indica a tabela 1.

Tabela 1: Associação entre as etapas do PDCA e do evento *Kaizen*

Etapas do PDCA	Etapas do evento <i>kaizen</i>
Planejar	Planejar e preparar para o evento. Obter dados relativos ao estado atual.
Executar	Observar e analisar o processo atual, planejar as melhorias do processo, testar, padronizar e documentar as alterações. Treinar os colaboradores.
Controlar	Monitorar o desempenho do processo
Agir	Avaliar desempenho do processo, comparar com os objetivos do Fluxo de Valor, fazer novas melhorias conforme necessidade.

Fonte: Adaptado de Martin e Osterling (2007).

Por se tratar de um ciclo contínuo, a busca de melhorias em processos produtivos que vão desde redução de custos de processo, diminuição de gastos, desperdícios (*muda*), melhor utilização de mão de obra e máquinas, entre outros fatores que fortalecem as empresas que utilizam deste método de melhorias.

O *Kaizen* vem ao encontro desses objetivos, visando organizar e adequar as melhorias, desde *layout* do setor, estoque de matéria prima e sua transformação até o processo final.

Na próxima seção apresentaremos os materiais e métodos aplicados neste estudo de caso na empresa de higiene oral e buscamos analisar e discutir os resultados obtidos por meio da ferramenta *Kaizen*.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Para o desenvolvimento deste trabalho foi necessário buscar informações, por meio de pesquisas bibliográficas, para compreender o que é e quais são os benefícios que as ferramentas, *Kaizen*, *Lean Manufacturing*,

Círculo de Qualidade e Ciclo *PDCA* e seus conceitos podem proporcionar em uma organização de higiene oral.

A empresa que é objeto de estudo deste trabalho é a única no Brasil e produz produtos que atingem todas as classes econômicas, com escovas dentais nas linhas Promocionais Básicas, Premium, Super Premium e Profissionais em todas as faixas etárias, desde linha *baby care*, até linha para idosos que necessitam de próteses dentárias. Ainda possui em sua linha de produtos Antisséptico, Spray, Enxaguante bucal, Uni tufo, Passa Fio, Interdental, Creme e Gel Dental, Fio e Fita Dental, Kit para viagem, Kit Profissionais entre outros produtos. O quadro 1 mostra os setores produtivos desta empresa.

Quadro 1: Setores produtivos

Setor	Função
Injetora	Responsável pela produção de produtos plásticos injetados.
Moinho	Responsável por moer a sobra de materiais plásticos não aproveitados nos processos de fabricação.
Encerdagem	Responsável pela encerdagem de escovas de dente.
Antisséptico	Responsável pela produção de Enxaguante, Spray e Antisséptico bucal.
Trabalho Manual	Responsável por realizar trabalhos manuais que as máquinas não realizam.
Gel Dental	Responsável pela produção de Gel e Creme Dental.
Fio Dental	Responsável pela fabricação de Fio e Fita Dental.
Blistagem	Responsável por embalar e tornar o produto acabado.

Fonte: Dos autores.

O setor de Fio Dental que será estudado neste trabalho é responsável pela produção de Fita e Fio Dental.

O que difere a Fita do Fio Dental é a espessura e o formato do material. Enquanto, o fio é arredondado e mais espesso, a fita achatada é mais fina, sendo possível introduzi-la em espaços apertados, sendo ideal para quem possui os dentes muito próximos uns dos outros.

O quadro 2 demonstra o processo de fabricação do Fita e Fio Dental que podem ser fabricados em dois tipos de máquinas, a saber, Longo e Carreteleira.

Quadro 2: Processo de fabricação de fio e fita dental nas máquinas Longo e Carreteleira

Processo	Máquina
Recepção da matéria prima. Realização de desenrolamento da bobina de fio virgem, enceramento e aromatização de fio.	Bobinadeira.
Realização de enrolamento de fio em carretéis com as medidas requeridas na máquina Longo. Corte de rebarbas deixadas pelo processo de corte.	Longo. Operação manual.
Montagem dos carretéis em embalagens plásticas e inserção de rótulo provenientes das máquinas Longo.	Operação manual.
Realização de enrolamento de fio em carretéis com as medidas requeridas na máquina Carreteleira. Corte de rebarbas deixadas pelo processo de corte.	Carreteleira. Operação manual.
Montagem dos carretéis em embalagens plásticas e inserção de rótulo provenientes das máquinas Carreteleira.	Operação manual.
Montagem dos carretéis em embalagens plásticas provenientes das máquinas Longo e Carreteleira. Inserção de rótulo.	Operação manual. Rotuladeira.
Inserção de data de fabricação, validade e lote. Armazenamento em caixas e envio para o setor de Blistagem.	Impressora vídeo jet. Esteira e operação manual.

Fonte: Dos autores.

O processo de fabricação de Fio e Fita Dental inicia-se com o desenrolar das bobinas de fio virgem. Neste processo o fio virgem passará por uma mistura de matérias-primas que irão encerar e dar o aroma desejado ao produto. Em seguida, o fio encerado será enrolado em pequenos carretéis com a metragem exigida pela especificação do produto.

Quando os carretéis atingem a metragem desejada, as máquinas realizam automaticamente o corte do fio e começam a enrolar um novo carretel. Os carretéis serão depositados em um recipiente e o operador retirará as rebarbas deixadas no processo de corte. Logo depois, os carretéis passarão pelo processo de montagem e serão introduzidos em embalagens plásticas já contendo aparas (lâminas de corte).

Em seguida, as embalagens são fechadas, rotuladas e inseridas informações de data de fabricação, data de validade e o número do lote para facilitar o controle e a rastreabilidade do produto.

Cabe salientar que a Fita e o Fio Dental possuem embalagens em diferentes formatos, conforme indicam as figuras 1 e 3. Além disso, os carretéis internos, onde o fio é enrolado, acompanham os formatos das embalagens conforme mostram as figuras 2 e 4.

Figura 1: Fio Dental produzido nas máquinas Longo



Fonte: Dos autores.

Figura 2: Carretel interno produzido nas Longo



Fonte: Dos autores.

Figura 3: Fio Dental produzido nas máquinas Carreteleiras



Fonte: Dos autores.

Figura 4: Carretel interno produzido nas Carreteleiras



Fonte: Dos autores.

Para realizar o estudo no setor produtivo de Fio Dental foi necessário escolher alguns funcionários para formar o grupo de *Círculo de Qualidade* da empresa de higiene oral, com o intuito de analisar e discutir os problemas encontrados nos processos de fabricação do Fio e Fita Dental. Nesse contexto, foram realizadas pesquisas e coleta de dados no setor a fim de visualizar etapas que necessitavam de melhorias.

Com as etapas dos processos que necessitavam de melhorias já identificadas, o grupo do *Círculo de Qualidade* passou a estudar os conceitos da ferramenta *Kaizen* e discutir seus conceitos e aplicá-los na prática buscando as melhorias desejadas nos problemas identificados na etapa anterior.

O treinamento da ferramenta *Kaizen* foi ministrado pelo supervisor de produção, capacitando o grupo *Círculo da Qualidade* com os conceitos da ferramenta por meio de estudos bibliográficos, palestras, exercícios teóricos e práticos, onde os membros do grupo puderam ter o conhecimento dos benefícios que estas ferramentas poderiam proporcionar.

Nesse sentido, buscamos realizar um estudo por meio da ferramenta *Kaizen* e os conceitos de *Lean Manufacturing*, com foco no setor de Fio Dental. A próxima seção indica as mudanças e os resultados obtidos no processo de fabricação.

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Nesta seção serão apresentadas às melhorias obtidas no setor de produção de Fio Dental. Com o grupo *Círculo da Qualidade* capacitado com base nessas ferramentas, seus membros passaram a ter a visão crítica dos processos de fabricação.

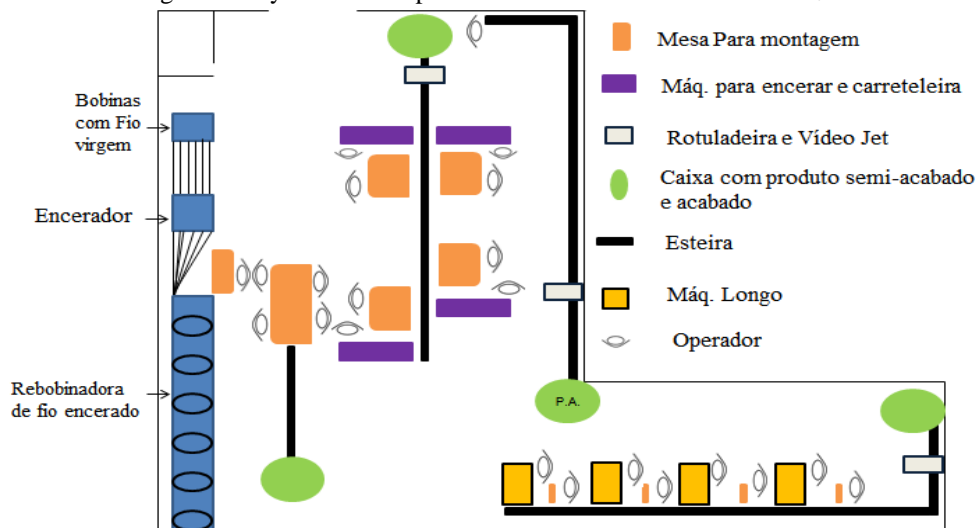
Com base no estudo do grupo *Círculo da Qualidade*, observou-se características de mudança de layout industrial no que diz respeito ao fluxo de materiais.

Aplicou-se a mudança de *Layout* do setor do Fio Dental, com objetivo de buscar melhorias, reduções de desperdícios e melhor ergonomia do operador no processo de fabricação.

4.1 Setor de produção de fio dental antes da utilização da ferramenta *kaizen*

Iremos explicar como era o *Layout*, o volume de produção e o fluxo da produção antes da aplicação do *Kaizen* no setor produtivo de fio dental (figura 5).

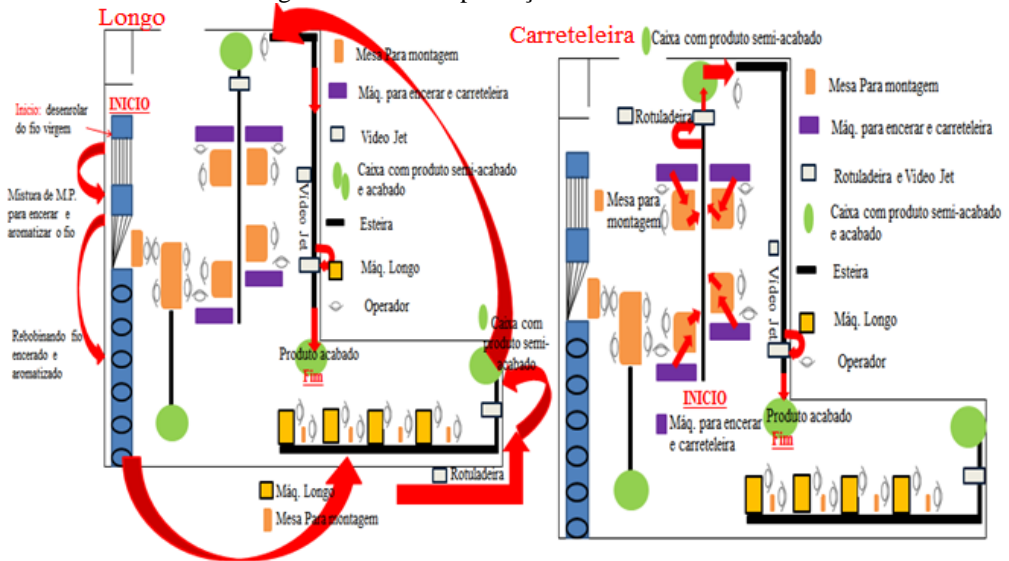
Figura 5: Layout do setor produtivo de Fio Dental antes do *Kaizen*



Fonte: Dos autores.

A figura 6 indica como era o fluxo da produção nas máquinas Longo e Carreteleira antes da aplicação da ferramenta.

Figura 6: Fluxo da produção antes do *Kaizen*



Fonte: Dos autores.

O quadro 3 indica a quantidade de operadores e máquinas necessários de acordo com o *Layout* indicado na figura 5.

Quadro 3: Processo de fabricação de fio e fita dental nas máquinas Longo e Carreteleira

Operadores	Processo	Máquina
1	Recepção da matéria prima. Realização de desenrolamento da bobina de fio virgem, enceramento e aromatização de fio.	Bobinadeira (1).
4	Realização de enrolamento de fio em carretéis com as medidas requeridas na máquina Longo. Corte de rebarbas deixadas pelo processo de corte.	Longo (4). Operação manual.
4	Montagem dos carretéis em embalagens plásticas e inserção de rótulo provenientes das máquinas Longo.	Operação manual.
4	Realização de enrolamento de fio em carretéis com as medidas requeridas na máquina Carreteleira. Corte de rebarbas deixadas pelo processo de corte.	Carreteleira (4). Operação manual.
4	Montagem dos carretéis em embalagens plásticas e inserção de rótulo provenientes	Operação manual.

	das máquinas Carreteleira.	
4	Montagem dos carretéis em embalagens plásticas provenientes das máquinas Longo e Carreteleira. Inserção de rótulo.	Operação manual. Rotuladeira (2).
1	Inserção de data de fabricação, validade e lote. Armazenamento em caixas e envio para o setor de Blistagem.	Impressora vídeo jet (1). Esteira (4) e operação manual.

Fonte: Dos autores.

O quadro 4 a seguir ilustra a quantidade de operadores necessários, a quantidade de máquinas utilizada e a quantidade de fio produzido antes da aplicação da ferramenta *Kaizen*.

Quadro 4: N° de operadores Vs produtividade antes da aplicação da ferramenta *Kaizen*

Quantidade de operadores	Quantidade de máquinas	Quantidade produzida
22	12	9.000 km

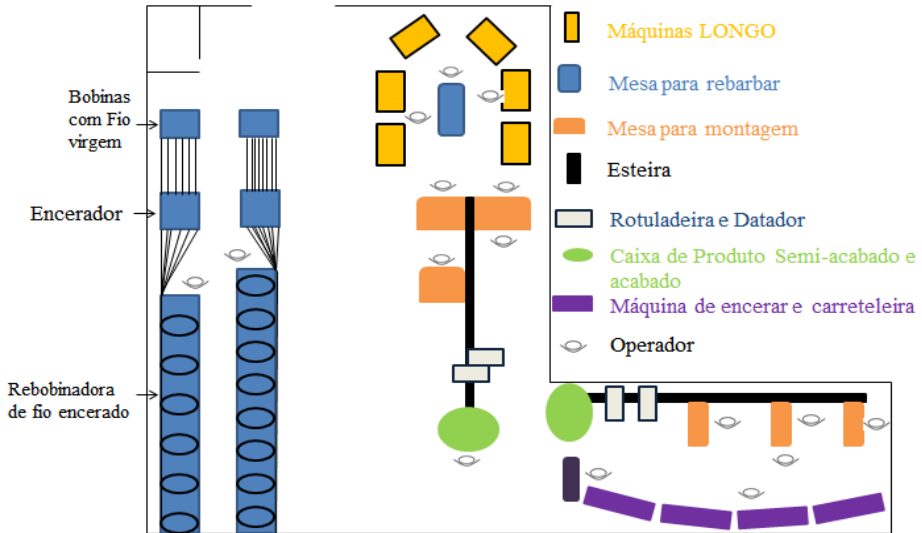
Fonte: Dos autores.

Na próxima seção apresentaremos o *Layout* do setor de produção de fio dental após a utilização da ferramenta *Kaizen*.

4.2 Setor de produção de fio dental após a utilização da ferramenta *kaizen*

Agora, iremos explicar como ficou o *Layout*, o volume de produção e o fluxo da produção após da aplicação do *Kaizen* no setor produtivo de fio dental (figura 7).

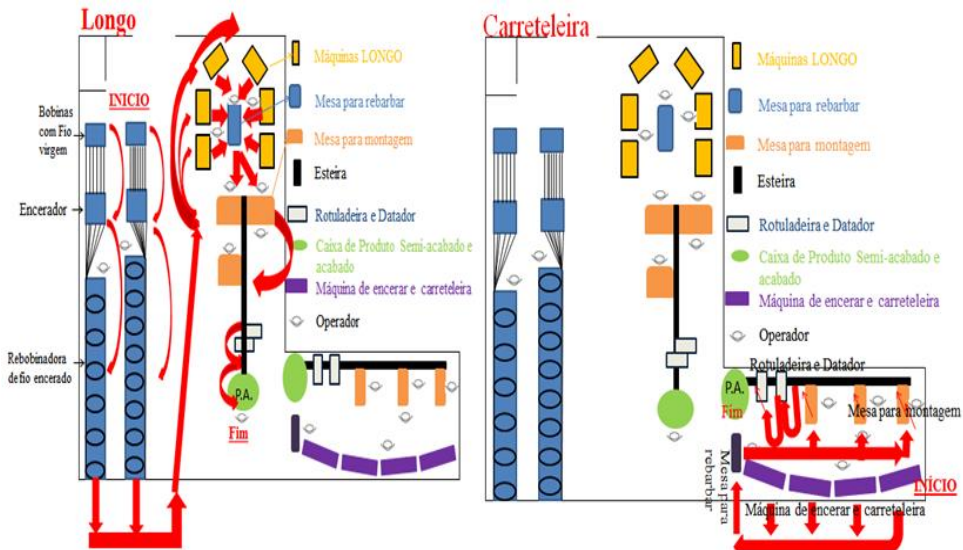
Figura 7: Layout do setor produtivo de Fio Dental após o Kaizen



Fonte: Dos autores.

A figura 8 indica o fluxo da produção das máquinas Longo e Carreteira após a aplicação da ferramenta.

Figura 8: Fluxo de produção após o Kaizen



Fonte: Dos autores.

Houve aquisição de uma máquina bobinadeira, 2 máquinas Longo e uma Impressora Vídeo Jet, além disso, realizou-se a mudança de *layout* do setor. O quadro 5 indica a quantidade de operadores e máquinas necessários de acordo com a mudança de *Layout* indicado na figura 7.

Quadro 5: Processo de fabricação de fio e fita dental nas máquinas Longo e Carreteleira

Operadores	Processo	Máquina
2	Recepção da matéria prima. Realização de desenrolamento da bobina de fio virgem, enceramento e aromatização de fio.	Bobinadeira (2).
2	Realização de enrolamento de fio em carretéis com as medidas requeridas na máquina Longo.	Longo (6).
1	Corte de rebarbas deixadas pelo processo de corte da máquina Longo.	Operação manual.
4	Montagem dos carretéis em embalagens plásticas e inserção de rótulo provenientes das máquinas Longo. Inserção de data de fabricação, validade e lote. Armazenamento em caixas e envio para o setor de Blistagem.	Operação manual. Rotuladeira (1). Impressora vídeo jet (1).
2	Realização de enrolamento de fio em carretéis com as medidas requeridas na máquina Carreteleira.	Carreteleira (4).
1	Corte de rebarbas deixadas pelo processo de corte da máquina Carreteleira.	Operação manual.
3	Montagem dos carretéis em embalagens plásticas e inserção de rótulo provenientes das máquinas Carreteleira. Inserção de data de fabricação, validade e lote. Armazenamento em caixas e envio para o setor de Blistagem.	Operação manual. Rotuladeira (1). Impressora vídeo jet (1).
1	Checagem da produção.	Operação manual.

Fonte: Dos autores.

O quadro 6 ilustra a quantidade de operadores necessários, a quantidade de máquinas utilizadas e a quantidade de fio produzido após a aplicação da ferramenta *Kaizen*.

Quadro 6: N° de operadores Vs produtividade após a aplicação da ferramenta *Kaizen*

Quantidade de operadores	Quantidade de máquinas	Quantidade produzida
16	16	19.200 km

Fonte: Dos autores.

4.3 Resultados após a utilização da ferramenta *kaizen*

Mesmo com a redução de mão obra, a produção manteve o mesmo volume de produção. Conforme os operadores foram se familiarizando e se adaptando com *layout* atual e o fluxo contínuo na produção, o volume produzido dobrou em relação ao *layout* anterior (quadros 4 e 6).

Os resultados dessas mudanças foram nítidos. Houveram:

- Adaptação ou adequação dos postos de trabalho, das máquinas e dos equipamentos

A aplicação da ferramenta permitiu a eliminação de gargalos em etapas do processo de fabricação em que havia acúmulo de material.

Aplicou-se a mudança de *Layout* do setor do Fio Dental (seções 4.1 e 4.2), com objetivo de buscar melhorias, reduções de desperdícios e melhor ergonomia do operador no processo de fabricação.

- Eliminação de etapas desnecessárias (desperdícios, muda)

Antes da aplicação da ferramenta, existiam atividades que não agregavam valor, mas que consumiam tempo e recursos.

Os produtos eram montados em caixas plásticas, rotulados e não havia um fluxo contínuo do processo deixando os produtos em espera até que pudessem chegar a próxima etapa. Para esse processo eram necessários 12 operadores. Após a aplicação, os produtos foram armazenados e enviados para o setor de Blistagem, sendo necessários 7 operadores.

- Criação de fluxo contínuo

Ritmo de acordo com a demanda sem desperdícios e sem interrupções no processo fabril, acarretando em aumento da produtividade e otimização de mão de obra.

Antes da aplicação da ferramenta, havia interrupção no fluxo produtivo, pois os operadores realizavam somente a montagem dos carretéis em embalagens plásticas e inseriam o rótulo, deixando os produtos em espera. Após a aplicação, os produtos continuam na linha de produção sem interrupções, com ritmo específico. Os operadores além de realizar a montagem e inserir o rótulo, também inserem a data de fabricação, validade e lote, com armazenamento em caixas e envio para o setor de Blistagem.

- Redução no tempo de ciclo

Tempo requerido para realizar uma atividade ou produzir um produto do início ao fim em um sistema de produção.

Antes da aplicação da ferramenta, produzia-se 346 km de fio por dia. Após a aplicação da ferramenta a produção passou para 738 km de fio por dia reduzindo o tempo de ciclo em 46% no tempo de ciclo do produto.

- Melhoria de ergonomia no trabalho

Redução de movimentação desnecessária do operador.

Antes da aplicação da ferramenta, o operador se deslocava entre uma atividade e outra. Após a aplicação houve a mudança de layout, eliminando a movimentação desnecessária e o deslocamento.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que a ferramenta *Kaizen* torna-se duradoura, onde o ritmo é lento, mas com progressos graduais e constantes com investimentos de baixos custos.

Com o conhecimento adquirido das ferramentas *Kaizen* e *Lean Manufacturing*, o grupo do *Círculo da Qualidade* pôde realizar as melhorias no *layout* do setor produtivo, eliminação de processos desnecessários considerados desperdícios, criação de fluxo contínuo no fluxo de materiais, redução no tempo de ciclo do produto, melhoria na ergonomia do operador, otimização da mão de obra, aumento na produtividade atingindo resultados que satisfizeram as expectativas de todos os operadores do setor estudado,

líderes e supervisores de produção inclusive da gerência da empresa de higiene oral.

Em uma consideração final observou que houve uma grande importância na aplicação da ferramenta *Kaizen* no *layout* produtivo. Elevou a troca de informações entre os funcionários da empresa e fortaleceu o espírito de equipe quanto a formação do *Círculo da Qualidade*.

REFERÊNCIAS

ANTUNES...[ET AL.] **Sistemas de produção conceitos e práticas para projeto e gestão da exuta.** Porto alegre: Bookman, 2008.

CHIAVENATO, I. **Os novos Paradigmas: Como as mudanças estão mexendo com as empresas.** 5 ed. São Paulo: Manole, 2008.

COSTA JUNIOR, E. L. **Gestão em processos produtivos.** Curitiba: Ibplex, 2008.

DENNIS, P. **Produção Lean Simplificada: um guia para entender o sistema de produção mais poderoso do mundo.** 2 ed. Porto Alegre: Bookman, 2008.

FRANKENFELD, N. **Produtividade.** Rio de Janeiro: Confederação Nacional da Indústria, 1990.

IIDA, I. **Ergonomia: projeto e produção.** São Paulo: Edgard Blucher, 2005.

IMAI, M. **Kaizen: a estratégia para o sucesso competitivo.** São Paulo: IMAM, 1994.

LEAN INSTITUTE BRASIL. **Vocabulário.** Disponível em:

<<http://www.lean.org.br/vocabulario.aspx>>. Acesso em: setembro de 2016.

MARTIN, K, OSTERLING, M. **The Kaizen Event Planner: Achieving Improvement in Office, Service and Technical Environments.** New York: Productivity Press, 2007.

CAPÍTULO VI – ESTUDO SOBRE AS TECNOLOGIAS EXISTENTES E AS INOVAÇÕES SOBRE AS PLACAS DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

<JOÃO CARLOS VIEIRA>¹
<PAULO BRONIERA JUNIOR>²
<VICENTE DE LIMA GONGORA>³

Resumo: Fontes energéticas tem sido de grande relevância para a vida humana desde o primórdio das sociedades organizadas. Estas fontes proporcionam condições de operação para indústrias, comércio e residências. Assim, vários estudos tem apresentado tecnologias para a geração, transmissão e distribuição de forma eficiente e sustentável. Neste sentido, o presente trabalho apresenta fundamentos e conceitos de implementação de sistema fotovoltaicos. Para validar a proposta são abordados no trabalho uma revisão sobre os fundamentos de placas fotovoltaicas, bem como um estudo de caso para implementação de um sistema fotovoltaico dedicado a uma indústria de médio porte. Conforme assunto abordado sobre energia fotovoltaica o resultado foi satisfatório pois através das pesquisas podemos obter resultados de valores e conhecimento do que existe no mercado. A energia solar como todo tipo de energia também possui pontos negativos, mas é irrelevante comparado a outros tipos de energia e ao bem que faz para o planeta.

Palavras chaves: Energia renovável, sistema solar fotovoltaico, geração de energia elétrica.

Abstract: Energy sources have been of great relevance to human life since the inception of organized societies. These sources provide operating conditions for industries, commerce and households. Thus, several studies have presented technologies for the generation, transmission and distribution of this good in an efficient and sustainable way. In this sense, the present work presents fundamentals and concepts of photovoltaic system

¹Discente Graduando em Tecnologia em Fabricação Mecânica Faculdade de Tecnologia SENAI de Londrina; vieira.013@hotmail.com

²Docente Mestre da Faculdade de Tecnologia SENAI de Londrina; paulo.broniera@pr.senai.br

³Doutor – Faculdade de Tecnologia SENAI Londrina. E-mail: vicente.gongora@pr.senai.br

implementation. To validate the proposal, a review on the fundamentals of photovoltaic panels is presented, as well as a case study for the implementation of a photovoltaic system dedicated to a medium-sized industry. According to the subject discussed on photovoltaic energy the result was satisfactory because through the research we can obtain results of values and knowledge of what exists in the market. Solar energy like all kinds of energy also has negative points, but it is irrelevant compared to other types of energy and the good it does to the planet.

Keywords: Renewable energy, photovoltaic solar system, electric power generation.

1 INTRODUÇÃO

Fontes enérgicas tem sido de grande importância para a vida humana desde primórdio das sociedades organizadas. Diversas foram as transformações no consumo e geração de energia ao longo dos tempos, sendo as principais transformações observadas no decorrer da Terceira Revolução Industrial em meados dos séculos 18 e 19, sendo a principal fonte energética a queima de carvão mineral (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2016).

Atualmente há uma diversidade de fontes de energia, classificadas em renováveis e não renováveis. Renováveis são aquelas que continuam disponíveis depois de utilizadas, isto é, que não se esgotam. Como exemplo, temos a energia solar, a energia dos vegetais (biomassa), da correnteza dos rios (hidráulica), dos ventos (eólica), do calor interno do planeta Terra (geotérmica), das marés (cinética) entre outras. Segundo balanço energético nacional (2005).

Quanto às não renováveis, estas são limitadas e demoram milhões de anos para se formar, isto é, se esgotarão e não serão repostas (o petróleo, o gás natural, o carvão mineral e o urânio).

Segundo Araújo (2003) toda vida na terra depende de energia solar, o sol com seus raios ultravioleta é uma fonte de vida que possui energia para a fotossíntese gerando o calor necessário para as plantas se alimentarem e para a sobrevivência de todo ser vivo da terra.

Entretanto, a principal fonte de energia utilizada no mundo é baseada na queima de combustíveis fósseis. Considerando todas as fontes utilizadas no mundo e todos os tipos de energia, o petróleo, o carvão mineral e o gás natural eram responsáveis por 86% da energia gerada (CASTRO, 2002).

Desta forma Castro (2002) busca-se da utilização de fontes energéticas renováveis têm sido amplamente estudada e explorada, a fim de se estabelecer uma produção energética alternativa e viável que possa garantir a demanda energética atual e futura.

Tendo em vista esse cenário atual onde a um crescente aumento na demanda energética e a crise na geração de energia, vê-se a necessidade de explorar outras formas alternativas de produção energética.

A energia solar tem sido avaliada como uma boa alternativa na busca de uma matriz energética limpa e altamente renovável, uma vez que a luz solar pode ser convertida em energia fotovoltaica através da conversão de placas capazes de converter a energia recebida em energia elétrica (ZANESCO, 2011).

Os painéis de energia fotovoltaica são compostos por materiais semicondutores, sendo o silício cristalino o mais utilizado. Através da radiação solar os elétrons interagem e entra em movimento produzindo uma corrente elétrica, o processo apresenta baixo tipo de resíduo por este motivo a energia fotovoltaica é considerada energia limpa, ecológica e silenciosa (ZANESCO, 2011).

Esse estudo tem o objetivo realizar um levantamento dos tipos de painéis fotovoltaicos já existentes no mercado e comparar alguns trabalhos que estão sendo desenvolvidos com base nesta tecnologia, a fim de garantir redução do custo e a viabilidade da tecnologia fotovoltaica.

2 CÉLULAS FOTOVOLTAICAS

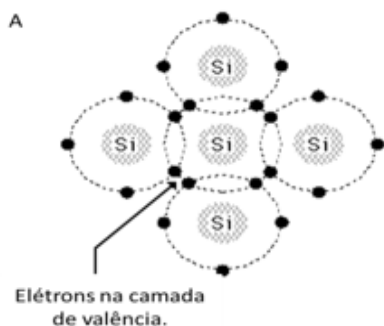
2.1. Estrutura microscópica das placas de silício (Si)

Cerca de 80% dos painéis fotovoltaicos produzidos e vendidos no mundo hoje são constituídos de Si ou de alguma forma variante desse material. No ano de 2014, estima-se que 85% de todos os sistemas de energia fotovoltaica vendido e instalado no mundo utilizou alguma tecnologia baseada no Si (BALANÇO ENÉRGICO NACIONAL, 2013).

Os átomos de Si tendem a formar uma estrutura em formato tetraédrico, denominado cristal de Si, uma vez que, esta forma quatro ligações covalentes com seus átomos vizinhos, podendo então a camada de valência conter até oito elétrons de forma estável. Quando os átomos de silício se combinam para formar um cristal, a órbita de um elétron sofre a influência das cargas dos átomos adjacentes, de forma que cada elétron passa

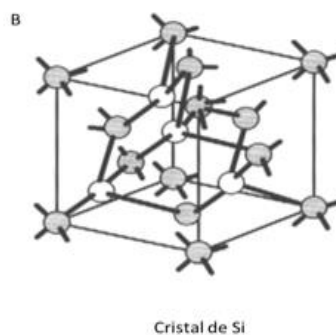
a ocupar posição diferente dentro do cristal. Essa conformação atômica auxilia a formação de nuvens e bandas eletrônicas, sendo essa conformação favorável ao deslocamento de elétrons entre as camadas de valência e a camada de condução, produzindo assim energia. Fig.1. Ilustra estrutura microscópica do Si. A) representa a configuração eletrônica do átomo de Si, assim como a formação de ligações covalentes entre os átomos. B) representa a estrutura em forma de cristal formada pelas ligações.

Nº 1 - Configuração dos átomos de Si



Fonte: Aguiar (2007)

Nº 2- Estrutura cristalina do Si



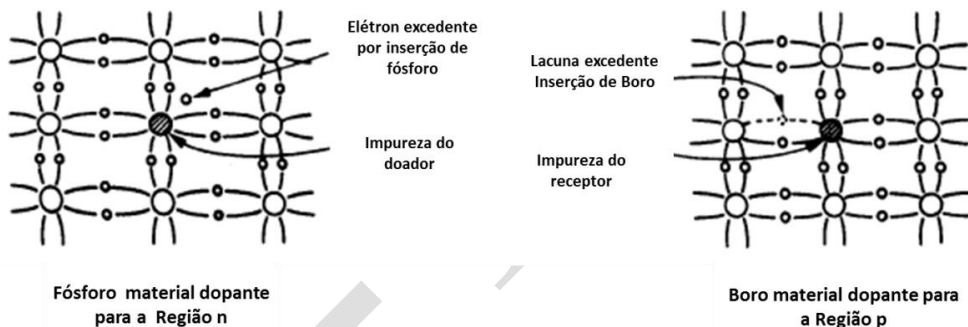
Fonte: Unicampi (2016).

Os níveis de energia associados às órbitas formam nuvens eletrônicas. Sendo a energia produzida pela transição dos elétrons entre a camada de valência e a camada de condução, sendo essa energia equivalente a 1,12 V no caso do cristal de Si (AGUIAR, 2007).

A liberação de fótons liberados pela radiação solar possui muitas vezes energia suficiente para estimular a transição de elétrons na banda de valência para a banda de condução, este então se move liberando energia, essa transição de elétrons cria uma lacuna entre os orbitais devido ao deslocamento dos elétrons. No Si puro esse efeito é anulado devido a recombinação de cargas negativas e positivas presente dessa forma o Si puro não é capaz de conduzir energia e muito menos gerar energia elétrica. No entanto, este elemento pode passar por um processo denominado de dopagem de Si, que consiste na introdução de elementos diferentes com o objetivo de alterar suas propriedades e tornar o material propício a condução de energia. Através desse processo é possível criar dois tipos de camadas na célula: a camada tipo p e a camada tipo n, que possuem, respectivamente, um excesso

de cargas positivas e um excesso de cargas negativas, quando comparadas ao Si puro (AGUIAR, 2007). O boro é o dopante normalmente usado para criar a região tipo p, uma vez que o átomo de boro forma quatro ligações covalentes com quatro átomos vizinhos de Si, mas como só possui apenas três elétrons na banda de valência, existe uma ligação apenas com alguns elétrons, enquanto as restantes três ligações possuem apenas dois elétrons, permitindo assim a formação de uma lacuna a não ser preenchida, criando assim uma região positiva. O fósforo é o material usado para criar a região n. Um átomo de fósforo tem cinco elétrons na sua banda de valência, que gera quatro ligações covalentes com os átomos de Si e deixa um elétron livre, que viaja através do material, criando assim uma região negativa (Gomes 2013) Fig.2, Ilustra e apresenta uma representação esquemática da dopagem do Si responsável por produzir a condutibilidade do material.

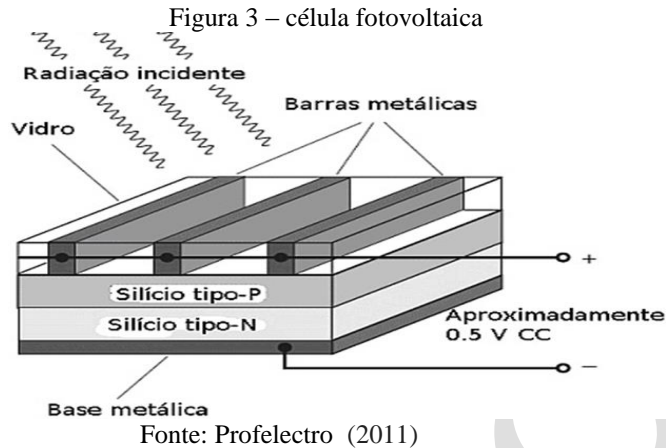
Fig.2. Esquemática da dopagem do Si.



Fonte: Gomes (2013)

Fonte: Unicamp (2013)

A região de junção dos tipos de silício é designada de junção p-n, essa junção é responsável por criar um campo elétrico, formado a partir da transição de elétrons entre a camada de valência e a camada condutiva, dessa forma os elétrons livres transitam entre as lacunas gerando terminais negativos e positivos, que são responsáveis por conduzir a corrente elétrica. Figura 3. Ilustra célula fotovoltaica.



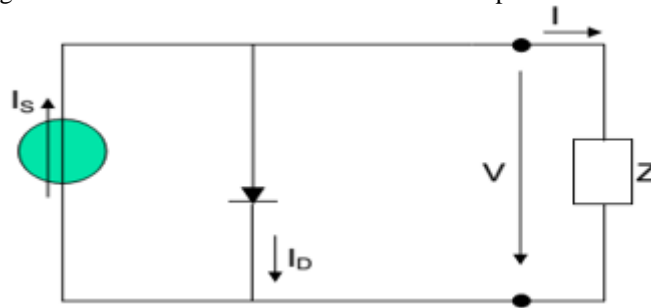
A medida que a radiação incidente aumenta as correntes deixam de aumentar esse fenômeno é chamado de corrente de saturação. A potencia obtida na saída e a radiação incidente na célula fotovoltaica passando ser chamada de eficiência de conversão da célula.

2.3. Modelo matemático.

A fim de se entender o comportamento de um sistema elétrico de energia solar, foi desenvolvido modelos matemáticos para os diferentes componentes constituintes de uma célula fotoelétrica. Segundo Castro 2002, Esses modelos servem de base para avaliação do rendimento enérgico produzido através da incidência de radiação solar e outros parâmetros adjacentes.

A célula fotovoltaica pode ser descrita através do circuito elétrico equivalente simplificado ou circuito ideal, como se pode verificar. Fig. 4, Ilustra modelo ideal da célula fotovoltaica, alimentação em z.

Fig.4. – Modelo ideal da célula fotovoltaica simplificado.



Fonte: Castro (2002).

A fonte de corrente I_S representa a corrente elétrica gerada pelo feixe de radiação solar, constituído por fótons, ao atingir a superfície ativa da célula, é gerado o efeito fotovoltaico; que consiste na geração uma corrente elétrica em determinado material, após a sua exposição à luz; esta corrente unidirecional é constante para uma dada radiação incidente. A junção p-n funciona como um díodo que é atravessado por uma corrente interna unidirecional I_D , que depende da tensão V aos terminais da célula. A corrente I_D que se fecha através do díodo é:

Em que:

- I_0 é a corrente inversa máxima de saturação do díodo;
- V é a tensão dos terminais da célula;
- M é o fator de idealidade do díodo (díodo ideal; $m=1$; díodo real $m>1$);
- V_t – designado por potencial térmico que leva em consideração constante de Boltzmann ($K = 1,38 \times 10^{-23} \text{ J/}^\circ\text{K}$).
- Além da temperatura absoluta da célula em $^\circ\text{K}$ ($0^\circ\text{C} = 273,16 \text{ }^\circ\text{K}$) e a carga elétrica q : carga eléctrica do elétron ($q = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$).
- I_D corresponde á corrente unidirecional, I_0 corresponde á corrente inversa máxima de saturação do díodo, V corresponde á tensão aos terminais da célula e M é o fator de idealidade do díodo (díodo ideal $m=1$, díodo real $m > 1$).

- A expressão abaixo representa a variação da tensão da célula, em função da temperatura a que está sujeita.
- VT é a tensão térmica,
- K representa a constante de Boltzman ($1,38 \cdot 10^{-23}$ J/K),
- T é a temperatura da célula, em Kelvin e q é a carga do elétron ($1,609 \cdot 10^{-19}$ C).
- A corrente I que se fecha pela carga é, portanto:

$$I = I_s - I_D = I_s - I_0 \left(e^{\frac{V}{mVT}} - 1 \right) \quad 2)$$

Dois pontos merecem atenção particular: Curto-circuito exterior, representado por:

$$\begin{aligned} V &= 0 \\ I_D &= 0 \\ I &= I_s = I_{cc} \end{aligned} \quad 3)$$

Onde I_{cc} (corrente de curto-circuito) é a corrente gerada por efeito fotovoltaico, sendo esse valor já fornecido pelo fabricante. Circuito aberto é representado por;

$$\begin{aligned} I &= 0 \\ V_{ca} &= mV_T \ln \left(1 + \frac{I_s}{I_0} \right) \end{aligned} \quad 4)$$

Onde V_{ca} (tensão em vazio) é o valor máximo da tensão aos terminais da célula, que ocorre quando esta está em vazio. Sendo esse dado também fornecido pelo fabricante sobre determinadas condições de radiação incidente e temperatura.

Existem diversos fatores que influenciam o desempenho de uma célula solar, fazendo variar os valores dos seus parâmetros elétricos. Segundo Castro (2002), alguns fatores que tomam especial relevo são: a radiação

solar, o espectro solar, a temperatura de funcionamento (que depende da radiação solar e da velocidade do vento), o ângulo de incidência da radiação solar nos módulos fotovoltaicos e as resistências internas.

Vale salientar que com base nos cálculos matemáticos apresentados diversas metodologias matemáticas tem sido desenvolvidas, a fim de simplificar o cálculo matemático e o desempenho real das placas fotovoltaicas, assim como auxiliar no desenvolvimento de placas voltaicas mais eficientes.

Tipos de módulos e painéis.

Dentre as células mais comercializadas estão as células de Si com três variações as células, constituídas de cristais monocristalinos, policristalinos ou de silício amorfo.

A célula de silício monocristalino é a mais usada, atingindo cerca de 60% do mercado. A tecnologia para sua fabricação é um processo básico muito bem constituído, uma vez que essa consiste na extração do cristal de dióxido de silício, material que é desoxidado, purificado e então solidificado. Este processo atinge um grau de pureza em 98 e 99% o que é razoavelmente eficiente sob o ponto de vista energético e custo. No entanto para que esse silício possa ser usado em células fotovoltaicas é necessário que este seja fundido com pequenas quantidades de um dopante, geralmente o boro é o material utilizado na camada do tipo p. Após o ajuste dos cristais, corte e limpeza de impurezas das fatias, deve-se introduzir fósforo que é o material dopante utilizado na camada tipo n.

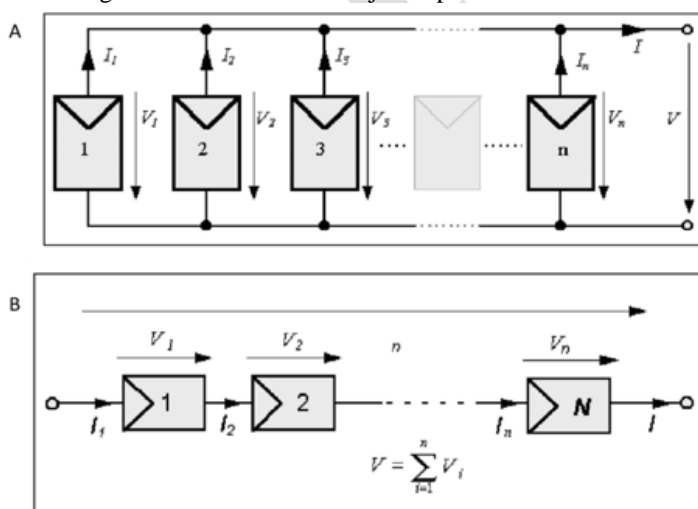
As células de silício policristalino são mais baratas que as de silício monocristalino devido ao baixo custo de produção e facilidade de obtenção da mesma. Contudo, a eficiência, dessas células é menor quando comparadas com o Si monocristalino. O processo de pureza do Si utilizado na produção das células do tipo policristalino é similar ao processo do Si monocristalino, no entanto, a preparação das placas policristalinas possui um padrão de controle menos rigoroso; o que acaba por influenciar no seu rendimento energético. Esses tipos de placas ocupam hoje 30% do mercado mundial.

Silício amorfo, não tem estrutura cristalina, apresentando defeitos estruturais que em princípio, impediriam a sua utilização em células fotovoltaicas, uma vez que aqueles defeitos potenciavam a recombinação dos pares elétron-lacuna. No entanto, se ao silício amorfo for adicionada uma pequena quantidade de hidrogênio, por um processo chamado hidrogenação, os átomos de hidrogênio combinam-se quimicamente de forma a minimizar os efeitos negativos dos defeitos estruturais. O silício amorfo absorve a radiação solar de uma maneira muito mais eficiente do que o silício

cristalino, possuindo ainda um processo de fabricação ainda mais barato que o do silício policristalino (CASTRO, 2002), no entanto, este apresenta duas grandes desvantagens: a primeira é a baixa eficiência de conversão comparada às células monocristalina e policristalina; em segundo, as células são afetadas por um processo de degradação logo nos primeiros meses de operação, reduzindo assim a eficiência ao longo da vida útil.

Módulos fotovoltaicos são formados pelo agrupamento de várias células fotovoltaicas, sendo estas células agrupadas em série ou em paralelo. Ao conectar as células em paralelo, soma-se as correntes de cada módulo e a tensão do módulo é exatamente a tensão da célula. A corrente produzida pelo efeito fotovoltaico é contínua. Pelas características típicas das células (corrente máxima por volta de 3A e tensão muito baixa, em torno de 0,7V) este arranjo não é utilizado salvo em condições muito especiais. A conexão mais comum de células fotovoltaicas em módulos é o arranjo em série. Este consiste em agrupar o maior número de células em série onde se somando a tensão de cada célula chegando a um valor final de 12V o que possibilita a carga de acumuladores (baterias) que também funcionam na faixa dos 12V, (SIEMENS SOLAR INDUSTRIES, 1990), edition 4.0. Figura 5. Ilustra os arranjos dos módulos, A arranjo em paralelo, B arranjo em série.

Figura – 5 Modelo de arranjo em paralelo e em série.



Fonte: Cresesb Cepel (2006)

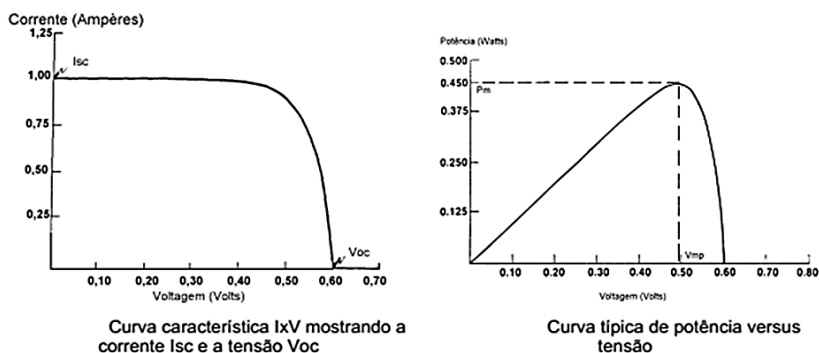
Quando uma célula fotovoltaica dentro de um módulo, por algum motivo, estiver encoberta a potência de saída do módulo cairá drasticamente

que quando ligada em série comprometerá todo o funcionamento das demais células no módulo. Para que toda a corrente de um módulo não seja reduzida, usa-se um diodo de passo que serve como um caminho alternativo para a corrente.

Outro problema que pode acontecer com um módulo é o surgimento de uma corrente negativa que flui pelas células, dessa forma está de fora de gerar corrente e o módulo passa a receber muito mais do que produz. Esta corrente pode causar queda na eficiência das mesmas. Para evitar esses problemas, usa-se um diodo de bloqueio impedindo assim correntes reversas que podem ocorrer caso liguem o módulo diretamente em um acumulador ou bateria.

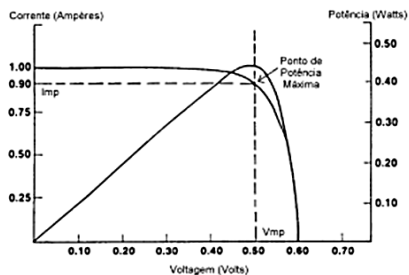
Outros parâmetros são responsáveis por caracterizar a funcionalidade do módulo, sendo essas baseadas nos seguintes pontos: Voltagem de Circuito Aberto (V_{oc}); Corrente de Curto Circuito (I_{sc}); Potência Máxima (P_m). Figura 6. Ilustra e apresenta as curvas de Parâmetro de potência máxima.

Figura – 6 Curvas de parâmetro de potência máximas



Curva característica $I \times V$ mostrando a corrente I_{sc} e a tensão V_{oc}

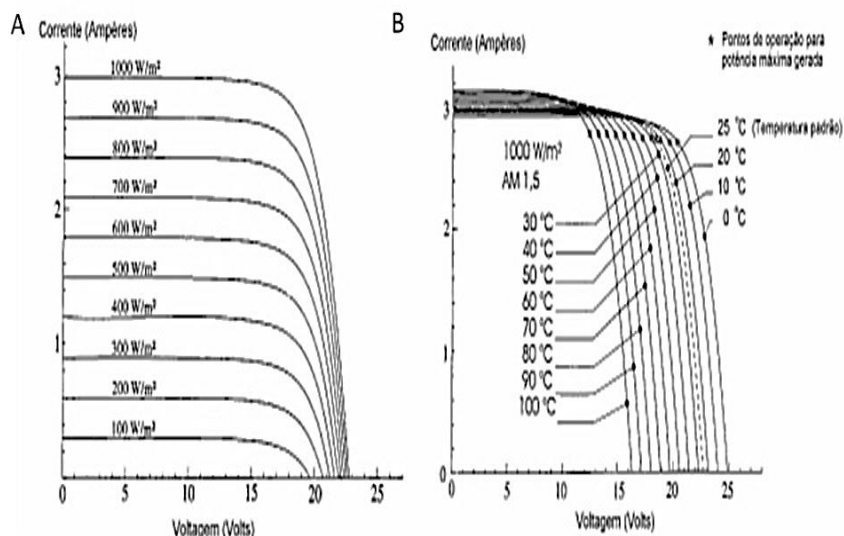
Curva típica de potência versus tensão



Fonte: Braga (2008)

Os principais fatores que influenciam nas características elétricas de um painel é a Intensidade Luminosa e a Temperatura das Células. A corrente gerada nos módulos aumenta linearmente com o aumento da Intensidade luminosa. (BRAGA, 2008). Figura 7. Ilustra o efeito causado pela variação de intensidade luminosa em A e efeito causado pela temperatura na célula em B.

Figura 7 – Efeito causado pela variação luminosa A e efeito causado pela temperatura na célula B



Fonte: Braga (2008)

Por outro lado, o aumento da temperatura na célula faz com que a eficiência do módulo caia abaixando assim os pontos de operação para potência máxima gerada.

3 METODOLOGIA.

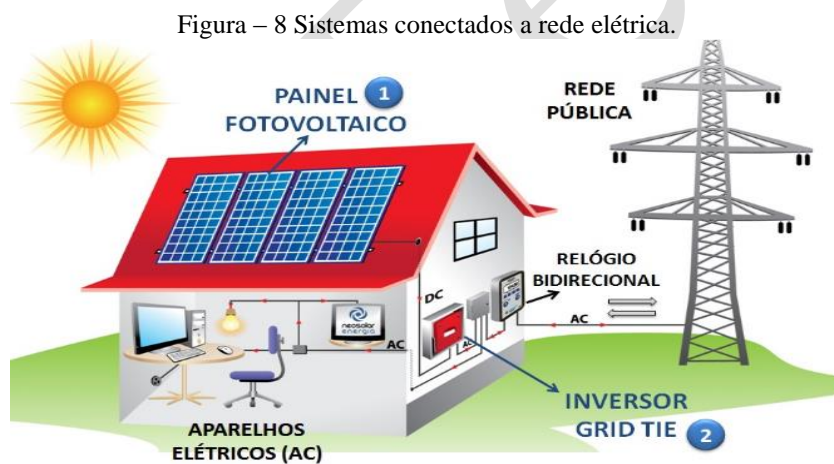
O presente trabalho trata-se de um estudo sobre placas fotovoltaicas dedicadas ao fornecimento distribuído de energia elétrica. O estudo foi realizado baseado em uma pesquisa descritiva. Para tanto, foi realizado uma ampla revisão bibliográfica a fim de salientar as principais tecnologias utilizadas para sistemas fotovoltaicos.

Para a complementação do conteúdo apresentado no trabalho também foi desenvolvido um estudo de caso baseado na demanda de energia em uma empresa situada no município de londrina. O estudo de caso foi realizado a

partir de parâmetros levantados por meio de reduzir o preço da energia cobrado pela concessionaria e também pensando em produzir uma energia limpa que não agrida o meio ambiente. Por meio destes parâmetros foram realizados três orçamentos e também calculados as estimativas de custo benefício da implementação. Neste sentido foram estudadas as aplicações de painéis fotovoltaicos ligados a rede elétrica, as quais são apresentadas nas próximas subseções deste trabalho.

3.1 Aplicações ligadas na rede elétrica

As aplicações de sistemas fotovoltaicas conectadas a rede elétrica são constituídas basicamente por painéis fotovoltaicos, inversor de tensão e sistemas para monitoramento e proteção. Figura 8. Ilustra um sistema fotovoltaico conectado a rede elétrica.



Fonte: Neosolar Energia (2016).

O principal equipamento desta unidade é o inversor que transforma a eletricidade produzida pelas placas em corrente alternada que irá injetar eletricidade na rede com frequência e tensão adequada.

Este sistema não utiliza de baterias, toda energia capitada é utilizada e o excedente é direcionado para a concessionaria da rede elétrica (Copel), esse tipo de aplicação é controlado por um inversor e um relógio bidirecional ligado ha rede elétrica que controla o valor excedido e retorna a empresa ou para sistema habitacional com desconto na fatura do mês. As aplicações das

tecnologias fotovoltaicas conectadas a rede elétrica são inúmeras. As mesmas podem ser aplicadas para o suprimento integral ou parcial de demandas na indústria, comércio e residências. Neste trabalho foi realizado um estudo de viabilidade para implementação de um sistema fotovoltaico conectado a rede elétrica. Esta demanda será destinada a alimentação de um sistema de cerca elétrica que consumira 1,9 (A), aproximadamente e será utilizado mais 1,45 (A), para iluminação de um determinado setor, totalizando 3,35 (A) conforme cálculo obtido chegou-se a 265 KWh mês.

3.2 Dimensionamentos do sistema de micro geração fotovoltaico dedicado a alimentação de cerca elétrica e iluminação de um setor industrial.

Para o dimensionamento do sistema de micro geração fotovoltaico foram levantados os parâmetros da carga elétrica, a qual já se encontra instalada em funcionamento, alimentada por meio da energia fornecida pela concessionária local. A carga elétrica trata-se de uma cerca elétrica destinada a proteção da empresa a qual é composta por quatro centrais que consomem 0,83 (A) cada uma. (Marca trutest e modelo speed-right). A potência elétrica demandada por esta cerca é da ordem de 1,9(A), e (1,45) (A), para a iluminação de determinado setor, A partir destes valores de potência foram verificados a viabilidade da instalação de um sistema de micro geração fotovoltaico em um espaço de cobertura onde existe uma exposição solar melhor.

Após essa avaliação técnica serão analisados resultados obtidos com uma certa formatação de painéis solares e também dos inversores escolhidos. A formatação inicial para o sistema fotovoltaico apresenta a característica geral indicada.

Orçamento Jovic Engenharia;

O pacote da empresa Jovic engenharia utilizado conforme estudo de caso, consta com um sistema que poderá fornecer 235 KWh/mês. Conforme necessidade de consumo da empresa do estudo de caso. Segue abaixo descrição e quantidade dos componentes principais como painéis e inversor.

Quadros 1 - 2 e 3 ilustram os principais componentes.

Quadro 1- Jovic Engenharia

Itens	Descrição	Quantidade
Painéis	Marca não especificada, aprovada pelo Inmetro (monocristalino).	8 painéis com 235 Wp
Inversor	Marca eltek	1 inversor com potência 2500 W

Fonte: Jovic Engenharia (2016)

Este pacote da Jovic Engenharia também inclui um quadro de interligação e suporte de alumínio para instalação dos módulos solares e não estão inclusos frete e instalação para efeito de calculo será utilizado o valor de R\$ 3.200,00

- Preço dos itens relacionado na tabela a cima: R\$ 17.600,00.
- Preço sugerido para instalação e frete do sistema R\$3.200,00
- Preço total R\$ 20.800,00

De acordo com as estimativas a empresa deixara de utilizar da Concessionaria 235 KWh mês, que equivale a $0.49547268 \times 235 \text{Kwh} = \text{R\$ } 116,43$ por mês no momento atual.

De acordo com as estimativas da pesquisa a vida útil de um sistema fotovoltaico é de 25 anos, isto quer dizer que o custo investido será pago em 14 anos e 8 meses sendo que o valor investido seria de R\$ 20.800,00 aproximadamente tendo uma economia nos próximos 10 anos e 4 meses de R\$14.437,32

Orçamento Brasil Solar;

O pacote da empresa Brasil Solar utilizado conforme estudo de caso consta com um sistema que poderá fornecer 319kwh/mês conforme necessidade de consumo da empresa do estudo caso. Segue abaixo descrição e quantidade dos componentes principais como painéis e inversor.

Quadro 2- Brasil Solar

Itens	Descrição	Quantidade
Painéis	Marca Kyocera, modelo KD 140 (monocristalino).	16 painéis com 140Wp
Inversor	Marca Xantrex, modelo GT 2.8	1 inversor com potência 2800 w

Fonte: Brasil Solar (2013)

No pacote da Brasil solar não estão inclusos frete e instalação do sistema. Para efeito de calculo será utilizado o valor de R\$3.100,00 para instalação

- Preço dos itens relacionado na tabela a cima: R\$21.500,00
- Preço total: R\$24.600,00

De acordo com as estimativas a empresa deixara de utilizar da Concessionaria 140 KWh mês, que equivale a 0.49547268×140 Kwh = R\$69,36 por mês no momento atual.

De acordo com as estimativas da pesquisa a vida útil de um sistema fotovoltaico é de 25 anos, isto quer dizer que o custo investido será pago em 29 anos e 6 meses sendo que o valor investido seria de R\$24.600,00 aproximadamente, esse tipo de sistema não seria o indicado.

Orçamento Neosolar energia;

O pacote da empresa Neosolar energia utilizado conforme estudo de caso consta com um sistema que poderá fornecer 265 KWh/mês conforme necessidade de consumo da empresa do estudo caso. Segue abaixo descrição e quantidade dos componentes principais como painéis e inversor.

Quadro 3- Neosolar energia

Itens	Descrição	Quantidade
Painéis	Canadium CSI CS6P	8 painéis com 265Wp
Inversor	Fronius Primo 6.0-1	1 inversor com potencia 6.000 w

Fonte: Neosolar Energia (2016)

No pacote da Neosolar energias não estão inclusos frete e instalação do sistema.

Para efeito de calculo será utilizado o valor de R\$3.200,00 para instalação.

- Preço dos itens relacionado na tabela a cima: R\$18.518,00
- Preço de instalação e frete: R\$3.300,00
- Preço total: R\$21.518,00

De acordo com as estimativas a empresa deixara de utilizar da Concessionaria 265 KWh mês, que equivale a 0.49547268×265 KWh = R\$131,30 por mês no momento atual.

De acordo com as estimativas da pesquisa a vida útil de um sistema fotovoltaico é de 25 anos, isto quer dizer que o custo investido será pago em 13 anos e 4 meses sendo que o valor investido seria de R\$21.518,00 aproximadamente tendo uma economia nos próximos 11 (onze) anos e 8 (oito) meses de R\$18.382,00

Atualmente a empresa em questão não possui qualquer sistema de micro geração de energia fotovoltaica. Um prévio estudo técnico realizado

pelas empresas Jovic engenharia, Brasil Solar e Neosolarenergia demonstrou que a empresa que mais se aproxima da realidade de consumo do estudo de caso e a mais viável é a empresa Neosolarenergia. Essa avaliação inicial é importante uma vez que está permite avaliar os gastos iniciais e a economia futura que esse sistema pode gerar para a empresa interessada.

A formatação inicial é constituída por painéis fotovoltaicos do fabricante Canadiansolar (painel canadense) os painéis terão uma inclinação de 20 graus.

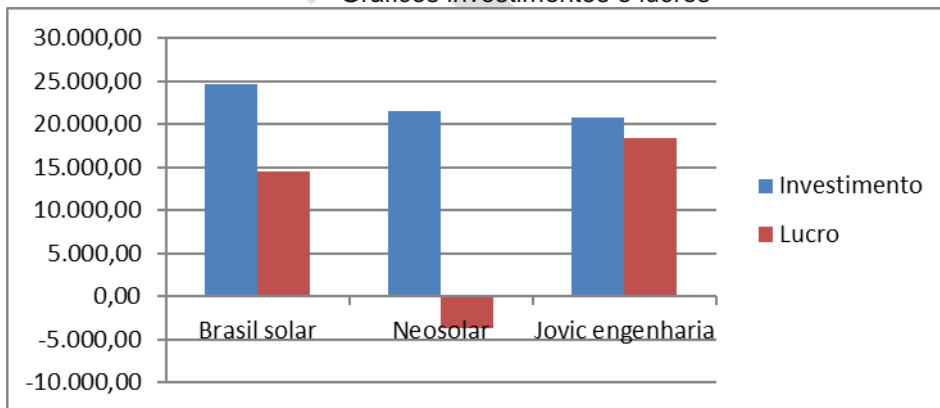
Tabela – 1 Orçamento individual das empresas Jovic engenharia, Brasil Solar e Neosolar energia.

Empresas	Investimentos	Tempo para pagar	Lucro total
Jovic engenharia	20.800,00	14 anos 8 meses	R\$14.437,32
Brasil solar	24.600,00	29 anos e 6 meses	R\$ - 3.745,44
Neosolar energia	21.518,00	11 anos 8 meses	R\$18.383,00

Fonte: Elaborado pelo autor

4 DADOS E RESULTADOS

Gráficos investimentos e lucros



Fonte: Elaborado pelo autor

4.1 Cálculo elétrico

Os painéis fotovoltaicos utilizados nesta solução são de silício monocristalino. Da marca Canadian solar e as características elétricas do

painel fotovoltaico estão apresentadas na tabela 2 e do inversor na tabela 3, usado na composição do sistema fotovoltaico.

Tabela 2 – Especificação técnica do painel de 265 Wp de energia solar

Potência máxima: (pm)	265 Watt
Tolerância:	0/5 Watt
Voltagem de máxima potencia: (vm)	30,6 Volt
Corrente de máxima potencia: (Im)	8,66 Amps
Voltagem de circuito aberto (vco)	37,7 Volts
Corrente de curto-circuito (isc)	9,23 Amps
Voltagem máxima do sistema	1000 Volts
Eficiência do painel	16,47% °c
Coefficiente de temperatura do painel	- 0,41% °c
Coefficiente de temperatura de corrente	0,053% °c
Coefficiente de temperatura de voltagem	0,31% °c
Temperatura nominal de operação de célula	46 °c

Fonte: Neosolar Energia (B) (2016)

As especificações citadas na tabela 2 é especificamente do painel solar da marca canadium solar (canadense), uma das células mais utilizada no momento por ter maior porcentagem de voltagem em KWh.

É um painel com melhor eficiência de conversão solar, tem um excelente desempenho mesmo com baixa irradiação solar sua estrutura é reforçada para suportar pressão causada por ventos de até 2400 Pa; e tem excelente resistência à névoa, sal, amônia e areia.

Tabela 3- Especificação técnica do inversor Fronius primo.

Voltagem máxima de entrada	1000 Vcc
Faixa de voltagem do MPPI	240 Vcc a 800 Vcc
Voltagem mínima de entrada	80 Vcc
Corrente máxima de entrada	18 A
Potência nominal de saída	6000 W
Voltagem de saída	180 Vca a 270 Vca
Frequência de saída	60HZ
Corrente máxima de saída	26,1 A
Eficiência máxima	98%
Consumo interno (noite)	1W
Temperatura de operação	- 40 °c a + 55 °c
Dimensões (L * A * P)mm	(645 * 431 * 204)
Peso kg	21,5 kg

Fonte: Neosolar Energia (2016)

Os inversores Fronius da linha Primo funcionam integrados a rede elétrica para uso com energia solar fotovoltaica; Sendo um inversor do tipo *Grid Tie* que trabalha sincronizado com a rede elétrica possibilitando a redução da conta de energia na unidade consumidora, em que é instalado. (NEOSOLAR ENERGIA, 2016).

Tabela 4 – Dimensionamento dos valores em %

Custo das 8 placas	30% do valor investido
Mão de obra	5% do valor investido
Regulador	5% do valor investido
Inversor	55% do valor investido
Instalação elétrica	5% do valor investido

Fonte: Elaborado pelo autor

5 CONCLUSÕES

A geração de energia através das tecnologias fotovoltaica para a área rural, doméstica e empresarial é uma importante alternativa energética, vista que, muitas vezes essa se apresenta como uma solução vantajosa tanto economicamente quanto ambientalmente, já que, essa não proporciona impacto ambiental.

No entanto essa tecnologia se apresenta de forma ainda pouco utilizada, devido ao custo de sua instalação, uma vez que ainda há poucos investimentos nesse tipo de tecnologia e pelo fato do país possuir uma matriz energética com base em hidroelétrica. Visto esse cenário, é importante incentivar a utilização dessa energia no país, tanto em escala doméstica quanto em escala industrial, a fim de implementar a matriz energética e viabilizar a utilização dessa tecnologia, além de outras fontes renováveis de energia.

Para que esta energia limpa e renovável seja utilizada em larga escala faz se necessário a redução de custo, algo que vem acontecendo nos últimos anos. Este objetivo pode ser atingido com mais rapidez através do desenvolvimento tecnológico e pela via da produção em massa.

Muita tecnologia tem sido desenvolvida a fim de baratear e popularizar a utilização da energia solar como geração de energia elétrica. Com base no levantamento de dados realizados.

Com base nos cálculos realizados a empresa que mais se aproximou do custo de instalação do sistema de energia fotovoltaico foi a Neosolar elétrica que teria um custo de R\$21.518,00, sendo o mesmo pago em 13 anos e 4 meses contudo, a utilização desse sistema geraria uma economia nos próximos 11 anos e 8 meses de aproximadamente R\$18.382,00 para a empresa.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, J. C. R. de. Chat na Web: um estudo de gênero hipertextual. Dissertação (Mestrado em Linguística). Fortaleza: Programa de Pós-Graduação em Linguística da Universidade Federal do Ceará, 2003. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/8753> Acessado em 25 maio 2016

AGUIAR Ricardo, Susana Castro Viana, António Joyce, “Estimativas Instantâneas do Desempenho de Sistemas Solares Fotovoltaicos para Portugal Continental”, XI, 2007. Disponível em: <http://docslide.com.br/documents/fotovoltaicoed3>. Acessado em: 18 junho 2016

BALANÇO ENERGETICO NACIONAL 2013: http://www.solosenergia.com.br/?gclid=CjwKEAiAmo_CBRC9qbGQssjqI28SJABYTgZxQbZk33UpjK0776TXKznoxWrKVx3I1FmzK9SWLa3oiBoCRd_w_wcB. Acessado em 18 junho 2016.

BRAGA, Renata Pereira, **Energia solar fotovoltaica: fundamentos e aplicações**, São Paulo:UFR, 2008.

CASTRO, Rui M. G. **Energias renováveis e produção descentralizada: introdução à energia fotovoltaica**. Lisboa: DEEC, 2002. Disponível em: http://www.troquedeenergia.com/Produtos/LogosDocumentos/Introducao_a_Energia_Fotovoltaica.pdf Acessado em: 25 maio 2016

JOVIC ENGENHARIA. Disponível em: <http://www.joviceng.com.br/produtos/produtos/> Acessado em: 25 maio 2016

MARQUES, José Pedro Pinto Teixeira, **Modelação e controlo de conversor DC/AC: para interligação de painéis fotovoltaicos à Rede**. Portugal: FEUP, 2009.

NEOSOLAR ENERGIA. Disponível em: <http://www.neosolar.com.br/aprenda/saiba-mais/energia-solar-fotovoltaica> Acessado em: 20 nov. 2016

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA Disponível em: <http://www.mme.gov.br> Acessado em: 25 maio 2016.

NEVES, Ricardo Nuno Freitas, **Desenvolvimento de modelos de previsão de produção de centrais solares fotovoltaicas**. Portugal: FEUP, 2010.

NEOSOLAR ENERGIA. Disponível em: <http://www.neosolar.com.br/loja/painel-solar-fotovoltaico-265wp-canadian-csi-cs6p-265p.html> 2013. Acesso em novembro 2016 (B)

PROFELECTRO **Energia solar**: célula fotovoltaica. Disponível em: <http://www.profelectro.info/?p=1368>. Junho de 2011. Acesso 31 nov. 2016

SIEMENS SOLAR INDUSTRIES. Training department, “photovoltaic technology and system design - training Manual”: Edition 4.0, 1990.

UNICAMP Caracterização da lâmina. Disponível em: http://wtprocess.ccs.unicamp.br/processos/nmos_v11/html/carac.html Acessado em: 25 maio 2016.

ZANESCO, Izete, **Implementação e análise de sistemas fotovoltaicos autônomos**, Rio Grande do Sul: PUC, 2011.

CAPÍTULO V – PROPOSTA DE MELHORIA NO PROCESSO DE SOLDAGEM MIG/MAG DO AÇO ABNT 1020 COM AUXÍLIO DE UMA BASE DE CERÂMICA CORDIERITA

<JONATAN ALEX MONTEIRO>¹
<ADRIANA GISELI LEITE CARVALHO>²
<LUCAS RAMINELLI>³
<APARECIDO SERAPIÃO DOS SANTOS>⁴

Resumo: Para efetivação de um processo de soldagem se leva em conta, tempo, material e processo de trabalho de forma que este unido possa ter uma excelência. A presente pesquisa demonstrará o que a utilização de soldagem unilateral com o auxílio do banking de cerâmica cordierita, largamente utilizada nas indústrias como um artifício que visa à união localizada de materiais, similares ou não, e forma a união permanente das peças, também pode ser utilizada na fabricação de peças de pequeno porte, neste caso se torna viável a utilização da mesma para aumentar a produtividade e reduzir tempo e alguns consumíveis usados no processo. O resultado da presente pesquisa leva em conta a investigação do processo, o experimento de soldagem em corpos de prova e a realização de ensaios destrutivos e não destrutivos, com o intuito de realizar a comprovação do resultado, ainda com necessidade de mais investigação, da importância da utilização da soldagem unilateral com o auxílio do banking de cerâmica cordierita para facilitar algumas situações no processo de soldagem.

Palavras-chave: Aço Carbono. Cerâmica Cordierita. Soldagem MIG/MAG.

Abstract: For the accomplishment of a process of welding in leads, counts, time, material and work process in a way that is able to have excellence. The present research demonstrated that it is a unilateral welding utilization with the help of ceramics cordierite, widely used in industries as a service that aims to perform an audit of materials, similar or not, and forms a permanent

¹<Jonatan Alex Monteiro; Faculdade de Tecnologia SENAI de Londrina; jonatanalexmonteiro@outlook.com>.

²<Docente Mestre; Faculdade de Tecnologia SENAI de Londrina; adriana.carvalho@fiepr.org.br>.

³<Técnico em Eletrotécnica; Senai de Londrina; lucas.raminelli@hotmail.com>.

⁴<Docente Especialista; Faculdade de Tecnologia SENAI de Londrina; aparecido.serapiao@sistemafiepr.org.br>.

union of parts, also it can be used in making sized pieces, in this case it becomes feasible to use it to increase productivity and do the same and some consumables used in the process. The result of this research is the origin of a research on the process of acquisition of evidences and the accomplishment of destructive and non-destructive tests, with the intention of accomplishing the proof of the result, and still of demanding more investigation, of the importance of the Use the welding unilateral with the help of the ceramic database to facilitate some situations in the welding process.

Keywords: Carbon Steel. Ceramic Cordierita. Welding Mig / Mag.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente as empresas estão buscando melhorias significativas que mudem o contexto para uma produção com menos erros e mais rápida, de forma a oferecer produtos de melhor qualidade por um preço adequado, desta forma mantendo-se no mercado competitivo. Qualidade, custos e prazos são alguns dos fatores primordiais para uma empresa tornar-se fornecedora de um determinado produto e até manter este produto no mercado.

Na área industrial, específico em empresas voltadas para mecânica industrial, em um processo produtivo um dos setores que merece destaque é o de soldagem. Segundo (ANDRADE, 2007, p.23) “soldagem é um processo de união que produz a coalescência dos materiais pelo aquecimento dos mesmos até a temperatura de soldagem, e com ou sem o uso de metal de adição.” Em diversos casos este processo significa boa parte dos custos de fabricação de um produto, e por isso também devem ser alvo de constante melhoria.

Este processo é muito antigo, criado pelo homem no início do século XIX, e que foi melhorado com os ferreiros na confecção e conserto de armas por meio da forja, durante muitos séculos. De acordo com Ferreira (2014), a soldagem manteve-se inalterada neste período, desde então passou a evoluir através de novas tecnologias, partindo do arco elétrico (eletrodo revestido), que foi um dos primeiros processos de soldagem a ser criado pelo homem. Devido a grande demanda das indústrias na produção de produtos metálicos, teve que se inovar e descobrir novas tecnologias para unir juntas, como o procedimento de soldagem a gás, MIG/MAG, TIG, arco submerso, entre outros.

Um dos processos mais utilizadas dentro da indústria pelo seu elevado índice de produção e por se adequar facilmente pelo processo de mecanização é a MIG/MAG, que consiste na utilização de um arame consumível, na busca de fundição mantendo a extremidade com arco elétrico como fonte de calor sob uma proteção de gás inerte ou da mistura de outros gases (Scott, Ponomarev, 2008).

Entre os diversos processos de soldagem observa-se uma constante busca de melhoria no processo através de adequações como dispositivos auxiliares, gabaritos, etc. Novos componentes são importantes para que haja o aperfeiçoamento do mesmo. Muitas vezes se faz necessário à utilização de dispositivos e cuidados que em um processo normal não teria desta forma garantindo a qualidade.

Considerando diversas geometrias e dimensões de componentes que são submetidos à soldagem em determinadas situações e aonde não existe a possibilidade de virar a peça devido sua proporção de peso, tamanho ou formas complexas, ou por não haver espaço suficiente para soldagem dos dois lados da peça tem-se a necessidade de utilizar a soldagem unilateral, que é uma técnica onde os cordões de solda são aplicados somente em um lado da peça.

Um dos tipos de soldagem unilateral utiliza o suporte de cerâmica cordierita, que apresenta um custo-benefício muito interessante, pode ser utilizada como um facilitador no processo de soldagem (ANDRADE, 2007). Este tipo de cerâmica suporta um elevado índice de aplicação de calor na poça de fusão, não se fundindo com o material de adição (ALMEIDA, 2009).

Os materiais cerâmicos são “inorgânicos usados pelo homem desde os tempos pré-históricos. Resultam do aquecimento, temperaturas elevadas, com ou sem pressão, de mistura de argilas com óxido de alguns metais” (MANO, 2011, p.51).

O suporte de cerâmica cordierita pode ser utilizado na soldagem de diversos tipos de materiais, entre eles o aço carbono ABNT 1020 que é um dos aços mais comuns utilizados devido a sua excelente relação de custo e benefício.

Partindo dos pressupostos acima, a análise deste trabalho será realizada através de experimentos, em que corpos de prova serão submetidos ao processo de soldagem MIG/MAG, utilizando o arame tubular, em chapa de aço carbono ABNT 1020 com o auxílio do material cerâmico cordierita. Também contará com a realização de ensaios destrutivos e não destrutivos a fim de analisar os defeitos que podem vim a ocorrer no cordão de solda.

2. Fundamentação teórica

2.1 Processos de soldagem

Este processo é muito antigo, criado pelo homem no início do século XIX, e que foi melhorado com os ferreiros na confecção e conserto de armas por meio da forja, durante muitos séculos. Assim percebe-se que se encontra o desenvolvimento de soldagem em remotos lugares em diversas localidades no tempo e região. Deste modo sendo utilizados no processo de desenvolvimento das armas, equipamentos e utilitários (FERREIRA, 2013).

No quadro 1 será apresentado um breve histórico sobre a evolução dos processos de soldagem.

Quadro 1: Histórico sobre a evolução dos processos de soldagem

Ano	Histórico
Pré historia – idade media	Soldagem por forjamento
1809	Arco elétrico
1885	1º Patente Inglesa
1890	Eletrodo Nu
1907	Eletrodo revestido
1926	Processo de soldagem TIG (Tungsten Inert Gás)
1948	MIG (Metal Active Gás)
1953	MAG (Metal Inert Gás)
1954	Arame tubular
1957	Plasma
1960	Laser
Atualmente	Mais de 50 tipos de processos de soldagem

Fonte: SANCHES. (2010)

Devido à alta demanda das indústrias por produtos metálicos e pelo o aumento da produção, teve-se a necessidade de se inovar e descobrir novas tecnologias. Uma das soldas que atualmente vem se destacando é a MIG/MAG (metal inerte gás) e (metal ativa o gás). Por produzir soldas de alta qualidade com o procedimento adequado e podendo ser utilizada em todas as posições, com o intuito de unir materiais de várias espessuras, ferrosos ou não ferrosos (POEPCKE, 2013).

Para se obter um procedimento adequado, a solda MIG/MAG necessita levar em considerações as variáveis do processo, que pode ser

identificado como o “metal de base a ser soldado, intensidade da corrente, tensão e comprimento do arco, velocidade de soldagem, gases de proteção, diâmetro do eletrodo e posição da tocha, seus tipos e vazão” (POEPCKE, 2013. pág.265).

Entre essas variáveis destacam-se os gases de proteção que possui o intuito de proteger a poça de fusão contra os gases presentes no meio ambiente. O próprio gás de proteção pode também ter comportamento de reação no metal de solda. Por isso eles são classificados como Inertes ou ativos. Os gases Inertes são aqueles que não reagem quimicamente com o metal de solda os mais utilizados comercialmente são o Hélio e o Argônio. Enquanto os ativos mais utilizados são Dióxido de carbono e CO₂. (SCOTTI; PONOMAREV, 2008).

Uma grande inovação desse processo foi à invenção do arame tubular, que teve o objetivo de aumentar a produtividade das empresas, devido à facilidade de poder soldar em diferentes tipos de posições e ângulos.

Foi desenvolvido para melhorar as características da soldagem utilizando o dióxido de carbono (CO₂) como gás de proteção. Deste modo tendo um arco estável e um baixo nível de respingo com o intuito de reduzir o custo de produção. (FORTES; 2004).

O processo de soldagem necessita de uma fonte de calor para fundir o material de base (peça) com material de adição, cria-se uma zona termicamente afetada (ZTA) pelo calor, deste modo mudando as propriedades mecânicas entre o material de base com o material de adição.

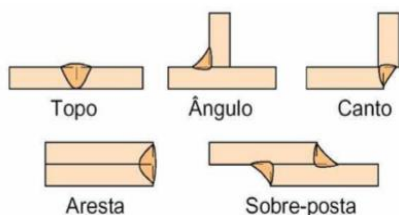
O ideal seria que a zona afetada pelo calor tivessem exatamente as mesmas propriedades que o metal de base, mas isso não é possível, porque os processos de fabricação de peças e/ou componentes que antecedem os processos de soldagem influenciam diretamente na soldabilidade. Materiais conformados sempre apresentam uma maior resistência que os materiais que são fundidos (FORTES; 2004).

Deste modo se torna necessário ter um cuidado especial com a zona termicamente afetada, porque é uma área que tem uma probabilidade para ocorrer descontinuidades, deste modo é necessário verificar essa região com alguns ensaios, entre eles estão os ensaios destrutivos e não destrutivos que possui o intuito de analisar os defeitos que podem vir a ocorrer no cordão de solda.

2.2 Juntas e Chanfros de Soldagem

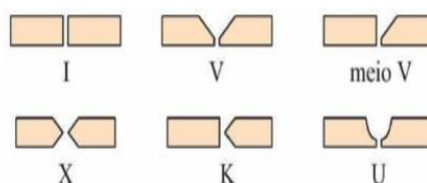
Segundo Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (2013, p.464) “Junta é a região onde duas ou mais peças são soldadas” Para poder haver uma boa união das juntas é necessário preparar o material limpando para não haver defeito no cordão, e dependendo de sua espessura o material deve ser chanfrado, deste modo facilitando o acesso do eletrodo, da tocha, ou do cabeçote de soldagem. A figura 1 (a) apresenta algumas juntas de soldagem e a figura 1 (b) apresenta alguns tipos de chanfros.

Figura 1 (a) - Juntas de soldagem



Fonte: MODONESI. (2008)

Figura 1 (b) - Chanfros de soldagem



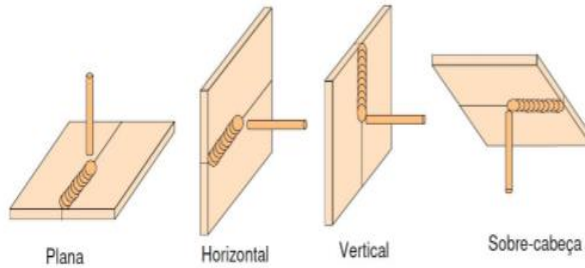
Fonte: MODONESI. (2008)

No processo de soldagem há vários tipos de juntas e chanfro, sendo muito utilizados para dar uma melhor fixação no material, com o intuito de melhorar a qualidade e minimizar os defeitos que podem vir a ocorrer.

2.3 Posições de Soldagem.

No processo de fabricação das peças as situações em que a soldagem tem que ser realizadas nas peças já montadas e a movimentações das peças é muito delicado devido a sua proporção de tamanho, peso ou formas complexas (ANDRADE, 2007). A figura 2 apresenta as posições de soldagem.

Figura 2-posições de soldagem



Fonte: MODONESI. (2008)


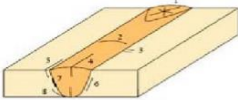

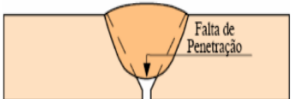
Com essas dificuldades encontradas, nem sempre é possível posicionar a peça na posição mais adequada para o soldador, deste modo é necessário realizar a soldagem em diversas posições.

2.4 Defeitos de Soldagem.

Os defeitos ou discontinuidades podem ser considerados “como qualquer interrupção ou homogeneidade nas propriedades físicas, mecânicas ou metalúrgicas do material ou da solda”. (SANCHES,2010.pag.42).

No processo de soldagem existem vários tipos de defeitos, alguns dos principais deles que normalmente acontece na fabricação de peças são: falta de fusão, porosidade, mordedura e trincas, no quadro 2 estes defeitos serão demonstrados.

Quadro 2: Alguns defeitos de soldagem

Defeito	Ilustração	Principais Causas
Porosidades		Contaminações de sujeira, oxidação e umidade, na superfície do metal de base e consumíveis de soldagem. As peças com poros deixam a solda frágil e sem resistência, muitas vezes esse problema ocorre no interior da solda e não pode ser descobertos através de inspeção visual.
Trincas		São consideradas graves por serem fortes concentradores de tensão elas podem-se formar durante ou logo após a soldagem ou em operações subsequentes a soldagem e podem acontecer a quente ou a frio.
Mordedura		Gera um enfraquecimento da junta soldada, com isso Prejudicando o acabamento e a resistências da solda, atuando como ponto para início de trincas e facilitando para o processo corrosivo do material soldado.
Falta de Fusão		Falta de fusão geralmente ocorre entre os passes de solda ou na raiz da solda, deste modo ocasionando redução significativa da resistência da Solda e servindo como Ponto para um possível início de trincas.

Fonte: Adaptado de SANCHES. (2010)

Para evitar os defeitos que podem vir a ocorrer no processo de soldagem é necessário ter alguns cuidados, entre eles estão à limpeza adequada da superfície a onde será realizado o cordão de solda, verificar se na peça a soldar possui tinta graxa ou umidade, na hora da solda manter uma distancia adequada entre a peça e o bocal, manter os eletrodos ou arames em estufas com a temperatura adequada etc. Esses cuidados são de suma importância para conseguir soldas de boa qualidade.

2.5 Aços e suas ligas.

Normalmente nas Indústrias, a soldagem MIG/MAG é utilizada para soldar diversos materiais, entre eles o aço carbono, que é um dos materiais mais comum e utilizado, devido a sua boa soldabilidade. Existem diferentes tipos de aço no mercado e isso depende da quantidade de carbono ou outros elementos que são adicionados. “Os aços maquinas contem uma baixa quantidade de carbono 0,10% á 0,20% e é facilmente trabalhado. Já o aço ferramenta contém uma quantidade de carbono igual ou maior de a, 60% quanto maior a quantidade de carbono maior a resistência ao desgaste” (GEARY; MILLER, 2013 PAG 76).

O aço ABNT 1020 é um aço carbono que contém 0,2%C e “possui excelente plasticidade e soldabilidade, após a cementação é normalmente utilizado em componentes mecânicos de uso como engrenagens, eixo, virabrequins, pinos guia catracas, etc.” (GERDAU, 2011, p.4). O aço 1020 é um dos materiais mais utilizados dentro das indústrias devido sua excelente relação de custo e beneficio deste modo se tornando um processo alternativo para ser utilizado.

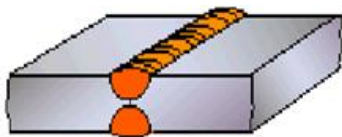
2.6 Soldagem Unilateral

Soldagem Unilateral pode ser definida como o processo de união de juntas, assim exigindo a penetração total do procedimento de soldagem, deste modo sendo soldado apenas de um lado da peça, com o intuito de realizar (Raiz, Enchimento e acabamento) e apenas utilizada em chapas com a espessura acima de 4 mm (ANDRADE, 2007).

No procedimento de soldagem á alguns passos a ser seguido para se realizar uma solda de boa qualidade, deste modo é necessário preparar a junta de solda, executar o primeiro passe de soldagem de um lado da peça, preencher o chanfro com passes de solda e realizar cordões de acabamento, após serem concluídas essas etapas é necessário virar a peça, para realizar o procedimento de goivagem (retirando o material de base que não se fundi com o material de adição) com o auxílio do eletrodo de grafite ou a própria lixadeira, com isso retirando os defeitos e preparando o material para poder receber o cordão de acabamento do lado oposto (ANDRADE, 2007).

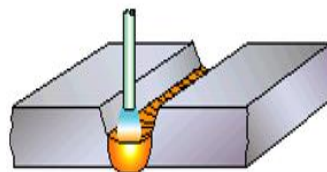
A figura 3 (a) apresenta o procedimento de soldagem convencional e a figura 3 (b) apresenta o procedimento utilizando a base de cerâmica cordierita.

Figura 3 (a) – Soldagem convencional



Fonte: Andrade (2007)

Figura 3 (b)- Soldagem com a base de cerâmica



Fonte: Andrade (2007)

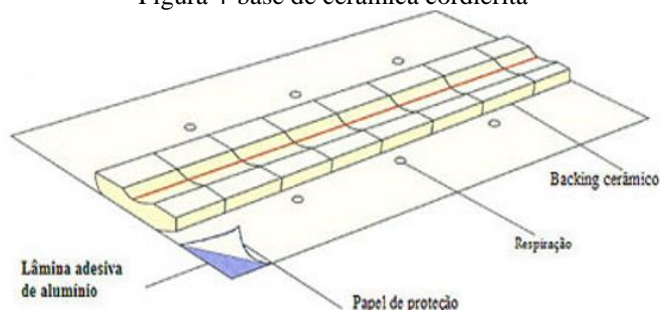
A vantagem do processo utilizando à cerâmica cordierita é que não a necessidade de virar a peça para realizar o procedimento de soldagem do lado oposto então as duas ultimas etapas do processo não precisa ser executadas deste modo evitando desperdício de tempo, material, gás de proteção, consumíveis utilizados e horas do soldador (ANDRADE, 2007).

2.7 Cerâmica Cordierita

O suporte de cerâmica cordierita “consiste na mistura de um material refratário (Cordierita), aglomerante (Silicato de Sódio) e água. Após a adição dos componentes é necessário prensar o material e levar ao forno, aquecendo aproximadamente a 1100oC” (ALMEIDA ET AL. P.1 2012).

A cerâmica cordierita apresenta uma excelente composição “é um material refratário que pode ser utilizado como ponto de fusão nas soldas”. (ALMEIDA ET AL. P.1 2009). Este processo suporta um elevado índice de calor com isso não se fundindo com o material que vem a ser depositado. Proporciona uma excelente qualidade no processo de soldagem, permitindo uma boa realização do cordão de raiz, são utilizadas principalmente em soldagens mais pesadas, em caldeirarias, industriais navais, estruturas e perfis em gerais. Podendo ser utilizada em alguns processos de solda, MIG/MAG, Arco Submerso, Eletrodo Revestido e Arame tubular (ANDRADE, 2007). Figura 4 define as características que possui a base de cerâmica cordierita.

Figura 4-base de cerâmica cordierita



Fonte: Andrade. (2007)

Aplicado através de uma fita adesiva, na parte inferior da junta a ser soldada, sendo de fácil e rápida aplicação. Assim percebem-se alternativas e possibilidades de melhorias, utilizando o backing de cerâmica cordierita no processo de soldagem.

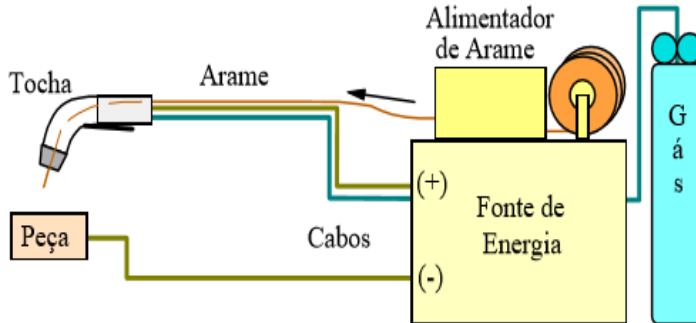
3 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste tópico serão apresentadas algumas informações sobre os materiais e métodos empregados no desenvolvimento deste trabalho. Além da pesquisa bibliográfica, a realização de experimentos no laboratório da Faculdade de Tecnologia SENAI Londrina possibilitou a realização de análises do processo, bem como a execução de alguns ensaios.

3.1 Processo

Para um melhor entendimento sobre o processo, ele consiste de uma fonte de energia corrente contínua (CC) ou corrente alternada (A), é composto por uma tocha, em seu interior está localizado o (bico de contato) que possui a finalidade de direcionar o material de adição e transmitir a corrente elétrica ao arame. O alimentador é composto basicamente de um motor, que possui um sistema de controle de velocidade e rolos para impulsão do arame. O gás de proteção utilizado tem a finalidade de proteger a poça de fusão contra os gases presentes no meio ambiente. A figura 5 ilustra processo de soldagem MIG/MAG.

A figura 5- Processo MIG/MAG



Fonte: MODENESEI; MARQUES. (2006)

O metal de adição pode ser transferido para a poça de fusão por três diferentes tipos de regulagem, por spray, globular ou curto-circuito, isso depende muito dos parâmetros operacionais tais como o nível de corrente, polaridade, diâmetro e composição do arame e o gás de proteção utilizado. (MODENESEI; MARQUES, 2006).

3.2 Equipamentos e os Consumíveis do Processo

Realizou-se a soldagem com o procedimento MIG/MAG, modelo utilizado foi a máquina ESB SMASHWELD 318 TOP FLEX, material adição utilizado no processo foi o arame tubular E71T-1C com o diâmetro 1.2 Figura 6-apresenta a máquina e o arame utilizado no processo.

Figura 6-Máquina e o arame utilizado



Fonte: O autor


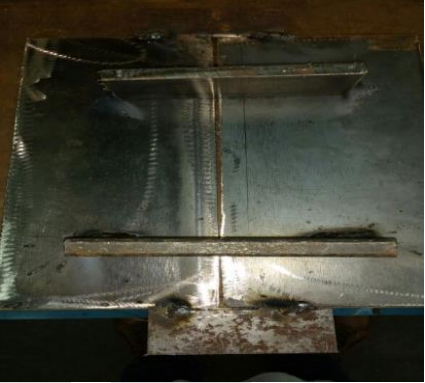

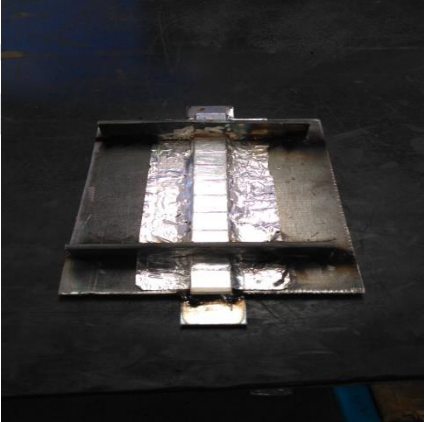
Utilizou-se o gás (CO_2) com a vazão de 13 l/min. sem mistura de outros gases como proteção, com o objetivo de proteger a poça de fusão contra os gases presentes no meio ambiente.

3.3 Corpos de Prova

Para este trabalho utilizou-se corpos de prova de aço carbono ABNT1020, o material foi cortado em chapas com a dimensão de 250x100x9, 58 mm. E realizou-se o chanfro em V, com o ângulo de 45° para facilitar o acesso da região da solda. Abertura da raiz do corpo de prova foi de 3 mm, o corpo de prova utilizando a cerâmica cordierita foi de 5 mm. O material foi limpo com o auxílio da lixadeira deste modo reduzindo a possibilidade de defeito no cordão de solda. No quadro 3 demonstra a montagem dos corpos de prova sem a utilização da base de cerâmica cordierita, e utilizando a base cerâmica cordierita.

No quadro 3 será demonstrada a vista superior e inferior dos corpos de prova que foram soldados pelo processo MIG/MAG.

Quadro 3: Vista Superior e Inferior Corpos de Prova

Processo	Vista Superior	Vista Inferior
Sem a base de cerâmica cordierita		
Com a base de cerâmica cordierita		

Fonte: O autor

Dispositivos auxiliares foi utilizados na montagem e ponteados na parte inferior dos corpos de prova, com o intuito de permitir que durante a soldagem a abertura da raiz permanessa constante e minimize as distorções causadas pela soldagem.

3.4 Base de Cerâmica Cordierita

Utilizou-se a base de cerâmica cordierita em um corpo de prova com o intuito de fazer a comparação entre os processos, a cerâmica utilizada foi a cerâmica côncava 6 mm com a dimensão de 250x24x8mm.

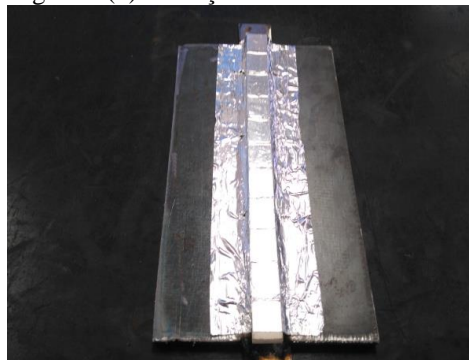
A figura 7 (a) apresenta a base de cerâmica e a figura 7 (b) apresenta a fixação da base de cerâmica na parte inferior do corpo de prova

Figura 7 (a) – base de cerâmica



Fonte: O autor

Figura 7 (b) – fixação da base de cerâmica



Fonte: O autor

A Fixação da cerâmica cordierita na parte inferior do corpo de prova facilitou o processo de soldagem e adquiriu uma boa realização do cordão de raiz, livrando contra as contaminações e as descontinuidades que podem vir a ocorrer.

3.5 Ensaios não destrutivos

Para verificar os defeitos superficiais do cordão de solda, utilizaram-se recursos de ensaios não destrutivos do corpo de prova, foram realizadas inspeções visuais e líquido penetrante nos corpos de prova. O ensaio por líquido penetrante consiste em penetrar na abertura das descontinuidades, detectar defeitos tais como trincas, poros, dobras etc. Após a remoção do excesso do líquido da superfície, e necessário aplicar o revelador que possui o objetivo de fazer com que o líquido que está retido nas descontinuidades saiam e demonstre o defeito (Andreucci 2003). O líquido penetrante utilizado foi PCG 53 ETAPA 1, e revelador utilizado no processo foi o DSG S2 ETAPA 3 os dois produtos atendendo a norma da Petrobras.

A figura 8 (a) apresenta o revelador e o líquido penetrante utilizado no processo a figura 8 (b) apresenta o líquido penetrante em toda a região soldada e a figura 8 (c) apresenta o revelador em toda a região soldada.

Figura 8: (a)-penetrante e revelador.



Figura 8(b)-Aplicação do líquido penetrante



Figura 8(c)-Aplicação do revelador



Fonte: O autor

Para se executar o processo passou o líquido penetrante em toda a região soldada e esperou aproximadamente 10 minutos após esse tempo foi retirado o excesso de líquido penetrante lavando com água corrente, e aplicou-se o revelador em toda a região soldada com o intuito de detectar alguma descontinuidade.

Figura 9 (a) – Corte transversal



Figura 9 (b) – Retirada da amostra



Fonte: o autor.

3.6 Ensaios Destrutivos

Também efetuou ensaios destrutivos nos corpos de prova eles foram cortados transversalmente seguindo a norma AWS D1. 1. 2010 deste modo retirando uma amostra de cada conjunto, para realizar o ensaio de dobramento. O corpo de prova foi cortado com a dimensão 200 x 9,58mm seguindo a norma AWS 2010. A figura 9 (a) apresenta o corte transversal no corpo de prova retirando a extremidade não útil e a figura 9 (b) demonstra o corte de 9,58 mm que servirá como amostra para efetuar os ensaios.

De acordo com a norma técnica, o início e final do cordão de solda não devem ser considerados como parte útil para análise, visto que estas extremidades apresentam descontinuidades.

3.7 Ensaios de Dobramento

O ensaio de dobramento consiste em submeter o material a uma deformação plástica por flexão. Deste modo a amostra retirada do corpo de prova é assentada sobre dois apoios, é dobrado por uma ferramenta denominada cutelo, que aplica um esforço de flexão no centro do corpo até atingir o ângulo especificado (MIRANDA; RODRIGUES). A figura 10 (a) ilustra o corpo de prova apoiado nas extremidades do gabarito e o cutelo se aproximando para realizar o ensaio. A figura 10 (b) ilustra o corpo de prova sendo deformado devido ao ensaio.

Figura 10 (a)- Ensaio de dobramento



Fonte: O autor

Figura 10 (b)- Ensaio de dobramento



Fonte: O autor

Com o ensaio de dobramento nas amostras retirada do corpo de prova observam-se a olho nu se ouve algum defeito como trincas ou fissuras na região soldada. Esse ensaio é muito utilizado nas indústrias devido a sua simplicidade de ser executado.

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

4.1 Soldagens dos corpos de prova

No presente estudo foram analisados corpos de prova, na figura 11 é demonstrado a solda sem a utilização da cerâmica cordierita. A maquina MIG MAG foi regulada em 26 volts e 200 Amper o primeiro passo foi à realização do cordão de raiz e após foram filetado mas dois cordões deste modo preenchendo o chanfro, para realizar o acabamento necessitou-se quatro cordões de solda. A figura 11- apresenta a vista superior do corpo de prova soldado.

Figura 11-. Vista superior do corpo de prova soldado.



Fonte: O autor.

Após ter concluído o procedimento de soldagem de um lado da peça virou o corpo de prova e tirou os dispositivos auxiliares e percebeu-se que o material adicionado não teve a penetração total no processo, deste modo tendo descontinuidades na união das juntas.

Teve-se a necessidade de retirar o material de base que não se fundiu com o material de adição, com o auxílio da lixadeira, tirando os defeitos e preparando o material para poder receber o cordão de acabamento do lado oposto, concluindo a soldagem.

A figura 12 (a) apresenta a raiz com descontinuidade a figura 12 (b) apresenta a retirada do material que não se fundiu a figura 12 (c) apresenta a junta soldada do lado oposto.

Figura12 (a)-raiz com descontinuidade



Fonte: O autor.

Figura12 (b)-a retirada do material que não se fundiu



Fonte: O autor.

Figura12 (c)-junta soldada



Fonte: O autor.

No corpo de prova soldado com a utilização da base de cerâmica cordierita, foram realizado os mesmos processos, preenchendo o chanfro, realizou-se cordões de acabamento, virou a peça retirou os dispositivos auxiliares. A figura 13 (a) apresenta a vista superior do corpo de prova, para realizar o acabamento necessitou-se a realização de três cordões a figura 13 (b) apresenta a vista inferior do corpo de prova, após a retirada dos dispositivos auxiliares.

Figura13 (a)-vista superior



Fonte: O autor.

Figura13 (b)-vista inferior



Fonte: O autor.

Devido a utilização da base de cerâmica cordierita não houve a necessidade de realizar as duas últimas etapas do processo, o cordão de raiz ficou uniforme não havendo descontinuidades, seguindo a norma sendo aprovado.

4.2 Ensaio dos corpos de prova

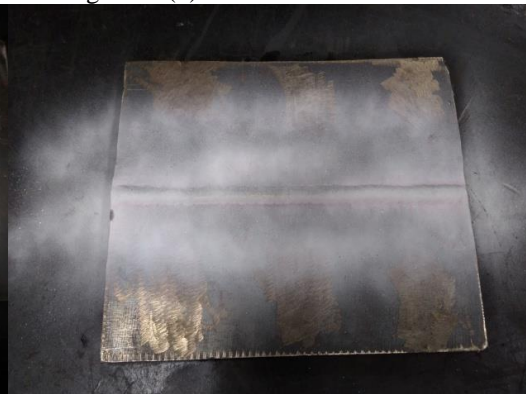
Após o processo de soldagem realizou-se ensaios não destrutivos de (inspeção visual e líquido penetrante) nos corpos de prova. A figura 14 (a) apresenta a vista superior, notou-se pequenos poros no cordão de acabamento e a figura 14 (b) apresenta a vista inferior, sem qualquer descontinuidade.

Figura14 (a)-vista superior



Fonte: O autor.

Figura14 (b)-vista inferior



Fonte: O autor.

No corpo de prova sem a utilização da base de cerâmica cordierita notou-se pequenos poros nos cordões de acabamento, mas conforme o critério de aceitação da norma AWS D1.1 as descontinuidade obtidas não afetarão o processo.

O ensaio realizado com a utilização da base de cerâmica cordierita, não obteve-se defeitos no cordão de acabamento na vista superior. Na vista inferior teve um poro, mas aceitável conforme a norma. A figura 15 (a) apresenta a vista superior e a figura 15 (b) apresenta a vista inferior.

Figura15 (a)-vista superior



Fonte: O autor.

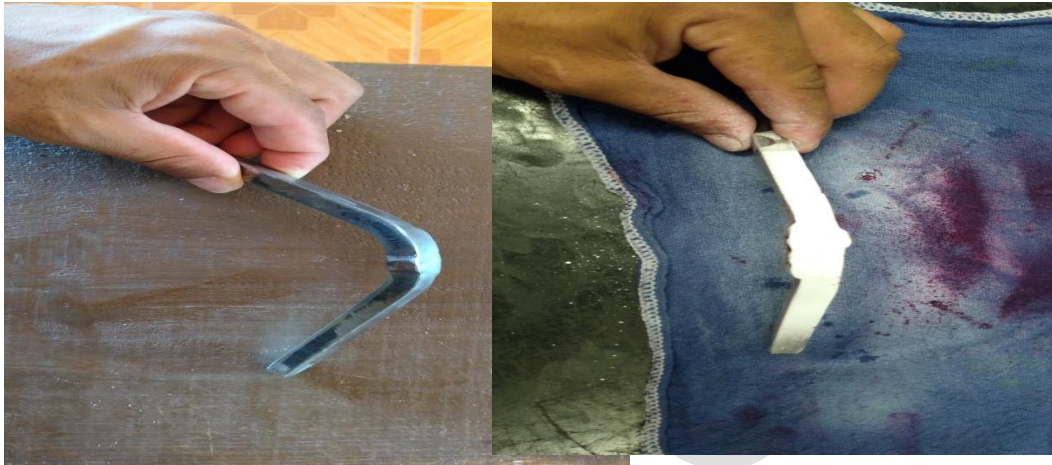
Figura15 (b)-vista superior



Fonte: O autor.

Foram realizados ensaios destrutivos de dobramento nos corpos de prova, com o intuito de avaliar a ductilidade da junta soldada, e para detectar pequenos defeitos, pois tendem a propagar-se durante o ensaio. A figura 16 (a) ilustra o corpo de prova após a dobra e a figura 16 (b) ilustra o ensaio do líquido penetrante com a aplicação do revelador em toda a região da junta.

Figura16 (a)- corpo de prova após a dobra. Figura16 (b)- corpo de prova com aplicação do revelador.



Fonte: O autor.

Fonte: O autor

Após a realização do ensaio de dobra efetuou-se o ensaio de líquido penetrante nos corpos de prova com o intuito de visualizar trincas internas no material, mas não foi observado indicações de descontinuidades maiores que 3,0 mm, que é o critério de aceitação previsto na AWS D1.1. Deste modo sendo considerado aprovado.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Levando em consideração a busca de excelência de trabalho nas indústrias, buscando o um processo de economia tanto no tempo quanto nos materiais utilizados, os resultados obtidos na presente pesquisa, sobre o processo de soldagem utilizando a base de cerâmica cordierita nas peças, trazem resultados favoráveis na redução de etapas e tempo na utilização do mesmo.

Observando o processo percebe-se que na utilização da base de cerâmica cordierita o tempo é menor, pois se elimina os dois últimos processos de finalização da peça; o de goivagem, isto é, a retirada de material de base, com o auxílio da lixadeira, que não se fundiu com o material de adição; e a não necessidade do fazer o cordão de acabamento. Assim podemos observar que a redução de etapas resulta em uma economia de tempo e conseqüentemente de materiais utilizados. Usando este

procedimento e levando em conta a qualidade do resultado, pode-se concluir que, este processo pode ser utilizado na produção das peças sem comprometimento da qualidade das mesmas e também qualificando o processo de produção.

Em síntese pode-se afirmar que as indústrias podem utilizar tal procedimento na fabricação de peças sem perder a qualidade do material fabricado, e ainda com eliminação de etapas do processo e conseqüentemente de tempo, que na vida de uma empresa é sempre trará resultados positivos. A presente pesquisa fica na restrição de levar sua consideração no limite de um artigo, por isso a mesma não quer, e nem pode ser a ultima palavra sobre a eficiência do processo apresentado. Assim, há necessidade de mais experimento e verificação de resultados para poder comprovar que há diminuição de material e economia dos mesmos. Aqui foi dada um ponta pé inicial para que se possa futuramente se aprofundar no tema e achar condições melhores neste processo, bem como estabelecer meios de economia nos diversos conteúdos que tem no mesmo, buscando qualidade com excelência e economia.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, L. L. P.; TATAGIBA, L. C. S.; ROSENTHAL, R.; PARANHOS, R. P. R. **Avaliação da junta soldada com suporte cerâmico a base do mineral refratário cordierita.** V Congresso Brasileiro de Engenharia de Fabricação -14 a 17 de abril de 2009 - Belo Horizonte - Minas Gerais.

ALMEIDA, L. L. P.; VIEIRA C. M. F.; PARANHO, R. P. R.; TATAGIBA, L.C.S. **Desenvolvimento de suporte cerâmico a base de cordierita para soldagem unilateral.** Rio De Janeiro: UENF, 2012.

ANDRADE, Silvio Trivellato. **Mapeamento do processo mecanizado de soldagem unilateral FCAW com banking cerâmico aplicável no passe de raiz em aço carbono.** Belo Horizonte: UFMG, 2007.

ANDREUCCI, Ricardo. **Ensaio por líquido penetrantes.** São Paulo: FATEC/SP, 2003.

FERREIRA. Fernanda Laureti Thomaz. **Breve histórico da Soldagem:** in soldagem. São Paulo: SENAI, 2013.

FORTES; Cleber, **Apostila dos arames tubulares.** Cidade: ESAB, 2004.

GEARY. Don; MILLE R. Rex, **Soldagem.** 2: ed. Porto Alegre: Bookman. 2013.

GHERDAU. **Catálogo informativo de aços de construção mecânica.** São Paulo: Gerdau, 2011.

MANO. Eloisa Biasotto. **Polímeros como materiais de engenharia.** 6.ed. São Paulo: Blucher, 2011.

MODENESI, Paulo. J. **Terminologia usual de soldagem e símbolos de soldagem.** BELO HORIZONTE: UFMG, 2008.

MODENESI, Paulo. J. MARQUES, Paulo. Vilani. **Introdução aos Processos de Soldagem.** BELO HORIZONTE: UFMG, 2006.

MIRANDA. Eduardo Luiz; RODRIGUES. **Ensaio de dobramento:** Disponível em: <http://www.engbrasil.eng.br/pp/em/aula4.pdf>> 15/11/2016.

POEPCKE. José Saturnino, **Processo Mig/Mag:** in soldagem. São Paulo: SENAI, 2013.

SCOTTI. Américo; PONOMAREV. Vladimir. **Soldagem Mig/Mag:** melhor entendimento melhor desempenho. São Paulo: Artliber, 2008.

SANCHES, Ricardo Almeida. **Defeito em solda detectáveis através de inspeção visual.** MANAUS: CEULM, 2010.

SERVIÇOS NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL. **Soldagem:** área metalurgia. São Paulo: SENAI/SP, 2013.

TOZONI-REIS. Marília Freitas de Campos, **Metodologia científica** 2. ed. Curitiba: IESDE Brasil, 2009.

CAPÍTULO VI – ESTUDO COMPARATIVO DE REVESTIMENTOS ENTRE METALIZAÇÃO POR ASPERSÃO TÉRMICA E SOLDAGEM MIG/MAG EM AÇO SAE 5140

<WESLEY FERNANDO DE FREITAS SANTOS>¹

<FLAVIO ANTUNES FERREIRA>²

< SAULO SAES>³

Resumo: A metodologia aplicada para o desenvolvimento deste artigo foi a coleta de dados, através de um estudo comparativo entre dois diferentes tipos de liga aplicados em eixos de motores e geradores elétricos de uma empresa de manutenção no setor de usinagem, neste comparativo foram realizados ensaios mecânicos afim de tirar conclusões de qual eixo demonstrará um melhor desempenho, durabilidade e resistência nos ensaios mecânico, com o propósito de constatar qual sofrerá menos danos ao longo do tempo de trabalho. Para a execução dos ensaios foi escolhido o Aço SAE 5140 por ser classificado como um aço de construção mecânica ligado, pois é compensado pelo grande teor de cromo e manganês. De acordo com os pré-requisitos estipulados pela norma NBR 6152 (o corpo de prova que é sempre padronizado por normas técnicas) foi feita a confecção do corpo de provas necessários, com o objetivo de realizar ensaios mecânicos nos mesmos, avaliando qual aplicação terá o melhor desempenho. Após ser realizados os ensaios mecânicos, foi feita uma análise dos resultados afim de comparar a resistência dos revestimentos citados, com isso conclui-se que a melhor opção de aplicação de revestimento para o cliente foi a aplicação com a metalização por apresentar um melhor desempenho mecânico e por levar um menor tempo para a aplicação, além de ter uma temperatura menor de aplicação.

Palavras-chave: Metalização, Soldagem, Corpo de prova.

¹<Wesley Fernando de Freitas Santos Graduando em Tecnologia em Fabricação Mecânica, Faculdade de Tecnologia SENAI de Londrina; wesleynando95@hotmail.com>

²<Flavio Antunes Ferreira; Faculdade de Tecnologia SENAI de Londrina; flavio.ferreira@pr.senai.br>

³<MBA Sistema de Produção – Faculdade de Tecnologia do Senai Londrina. E-mail: saulo.saes@fiepr.org.br>

Abstract: The methodology applied to the development of this article was data collection, through a studied comparison between two different alloy types applied in shafts of electric motors and generators of a maintenance company in the machining industry in this comparison were performed mechanical tests in order to draw conclusions which axis will demonstrate better performance, durability and resistance to mechanical tests to see which will suffer less damage over time from work. For carrying out the tests was chosen the SAE 5140 for being classified as a mechanical construction steel connected because it is offset by the large content of chromium and manganese. According to the prerequisites laid down by NBR 6152 (the body of evidence which is Always standardized technical standards) was made to the body of evidence needed in order to perform mechanical tests, evaluating which application will have the best performance. After being carried through the mechanical tests, was made an analysis of the results in order to compare the resistance of coatings, with this it is concluded that the best option for coating application the client's application with the metallization by presenting a better mechanical performance and take a shorter time to the application, in addition to a lower temperature.

Key words: Plating, welding, Body of proof.

1 INTRODUÇÃO

Manter-se no mercado atual relaciona competitividade, e também outros desafios, e a partir destes é necessário a busca por soluções, aperfeiçoando assim os meios de produção através de inovações.

Neste processo precisa-se manter o padrão de qualidade, e o tempo de entrega de um produto, visando sempre o bom relacionamento com o cliente e seus fornecedores. Na área de metal mecânica, os processos de usinagem são de extrema importância, visto que é possível manter a qualidade e ao mesmo tempo propor e aplicar melhorias de processos.

A usinagem é o processo em que ocorre a separação do material da peça por tensão de corte, onde a separação da mesma origina-se o cavaco. O que ocorre muitas vezes são tempos desnecessários durante a execução de um processo que geram mais custos de produção. Entre estes, destacam-se refugos, desperdícios de matéria prima, superprodução, entre outros.

Com o intuito de mostrar qual a aplicação de revestimento terá um melhor desempenho em eixos, um comparativo foi efetuado em uma empresa

na área de manutenção de motores e geradores elétricos situada na cidade de Londrina, em específico a área de torno convencional por encontrar-se com problemas de tempo de aplicação do revestimento, isso afeta diretamente os clientes com pouca disponibilidade de espera para a manutenção do seu equipamento.

Esses tipos de equipamentos elétricos não podem sofrer modificações dimensionais que resultem em perda de resistência mecânica e que possam interferir na garantia operacional, assim quando acionadas devem responder às solicitações com eficiência e segurança.

Nos métodos de manutenção e inspeção dos motores e geradores são utilizados instrumentos de medição e técnicas de ensaios não destrutivos, como avaliação visual e líquido penetrante.

Algumas empresas de manutenção de motores e geradores elétricos ainda recorrem a sistemas arcaicos de enchimento por soldagem, que são relativamente onerosos e demorados, havendo a necessidade de aquecer o eixo a uma temperatura de 500°C a 600°C para alívio de tensão superficial.

Outro problema deste método de enchimento por solda é que os equipamentos elétricos são sensíveis a temperaturas elevadas, podendo ocasionar na queima prematura do bobinado.

Visando uma alternativa de processo, a utilização de revestimentos proporciona bons resultados, levando em conta que as formas de aplicação exigem temperaturas abaixo das que são utilizadas em tratamentos térmicos.

Referindo-se a revestimentos, a proposta da aspensão térmica é o controle dimensional e a engenharia de superfície, a fim de solucionar todos os problemas ocorridos pelo enchimento por soldagem. Neste processo é necessário fazer um aquecimento na peça, para que as micropartículas se aderem melhor a superfície do material.

A aspensão térmica consiste de um grupo de processos nas quais partículas finamente divididas de materiais para revestimentos, metálicos e não metálicos, são depositados sobre um substrato devidamente preparado, na condição fundida ou semi-fundida, para formar uma camada superficial. (MARQUES, 2003).

A metalização por aspensão térmica de micropartículas mesmo sendo um processo térmico não acarreta temperaturas elevadas no eixo, temperaturas que não se elevam acima de 200°C. Para realizar a aplicação da metalização é preciso ter cuidado com a limpeza do eixo para que a superfície do material não esteja com impurezas que façam o descolamento das micropartículas aplicadas no eixo.

A partir deste trabalho com o objetivo da realização do estudo comparativo entre dois tipos de revestimento aplicados em eixos de motores e geradores elétricos, foi estudado normas ABNT para confecção de corpos de provas para teste de ensaios, confecção dos corpos de prova com pré-requisitos da norma ABNT com diferentes ligas de revestimentos (soldagem MIG/MAG e metalização por aspersão térmica) para teste de ensaios de tração e dureza e realizar a comparação de qual o melhor revestimento para o eixo que apresentará um melhor desempenho nos testes realizados, além de suprir as necessidades da empresa, é mostrar também a partir dos ensaios mecânicos qual revestimento será benéfico em tempo e eficiência para ser aplicado no dia a dia de trabalho.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Processos de usinagem são aqueles que ao conferir à peça a forma, ou as dimensões ou o acabamento, ou ainda uma combinação qualquer destes três itens, produzem cavaco. (FERRARESI, 1979).

A aspersão térmica consiste de um grupo de processos nas quais partículas finamente divididas de materiais para revestimentos, metálicos e não metálicos, são depositados sobre um substrato devidamente preparado, na condição fundida ou semi-fundida, para formar uma camada superficial. (MARQUES, 2003).

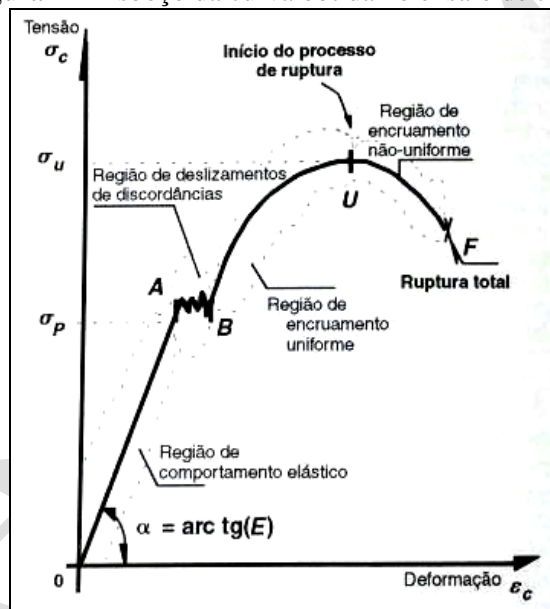
Logo que Maranhão (1996) diz que a resistência mecânica de um revestimento efetuado por aspersão térmica compreende a aderência entre o mesmo e o substrato, bem como a coesão entre as partículas depositadas. A aderência é um requisito essencial para o desempenho do revestimento, pois de nada adianta o mesmo ter uma espessura adequada e livre de poros se não possuir aderência suficiente.

Para a definição da tensão e deformação convencionais, considera-se uma barra cilíndrica e uniforme que é submetida a uma carga de tração uniaxial crescente. (GARCIA, 2010)

2.1 Ensaio de tração

O Ensaio mais amplamente utilizado para a avaliação das propriedades mecânicas dos materiais é o ensaio de tração, por ser um ensaio simples e rápido além de fornecer informações importantes para o projeto e a fabricação de peças e componentes. Esse tipo de ensaio consiste na aplicação de carga de tração uniaxial crescente em um corpo de prova específico até sua ruptura. O levantamento da curva de tensão pela deformação sofrida pelo corpo constitui o resultado do teste de tração (GARCIA, 2010). A Fig. 1 mostra o esboço da curva típica obtida no ensaio em um corpo de prova.

Figura 1 – Esboço da curva obtida no ensaio de tração

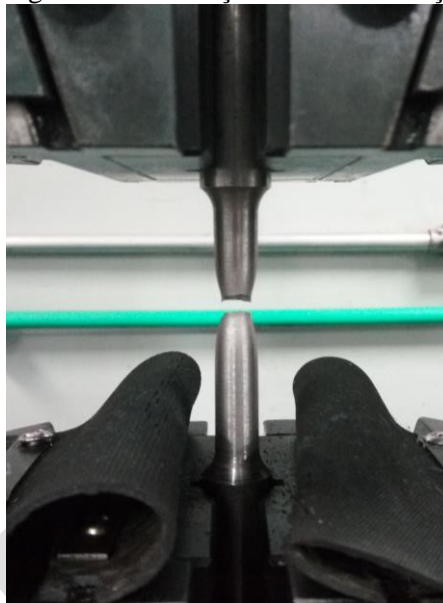


Fonte: Souza (1989).

No ensaio de tração, o corpo de prova que é sempre padronizado por normas técnicas, é fixado pelas suas extremidades nas garras de fixação da máquina de tração. O corpo de prova é então submetido a um esforço, aplicando uma carga gradativa e registrando cada valor de força correspondente a um diferente tipo de alongamento do material. O ensaio termina quando o corpo de prova se rompe, o software do equipamento gera um gráfico com as curvas obtidas do ensaio de tração, como observado na

fig.1. Já na figura 2 observa-se o rompimento no corpo de prova no equipamento.

Figura 2 – Realização do teste de tração



Fonte: Do Autor (2016)

São os principais dados obtidos: limite de resistência a tração, limite de escoamento, módulo de elasticidade, módulo de resiliência, módulo de tenacidade, ductilidade, coeficiente de encruamento e coeficiente de resistência (GARCIA, 2010). E estes aspectos puderam ser notados na realização do teste de tração.

2.2 Ensaio de dureza

A dureza é uma propriedade mecânica cujo conceito se segue a resistência que um material, quando pressionado por outro material ou por marcadores padronizados, apresenta ao risco ou à formação de uma marca permanente. Os métodos mais aplicados em engenharia utilizam-se de penetradores com formato padronizado e que são pressionados na superfície do material sob condições específicas de pré-carga e carga, causando

inicialmente deformação elástica e em seguida deformação plástica (GARCIA, 2010).

Segundo Garcia (2010) a área de marca superficial formada ou a sua profundidade são medidas e correlacionadas com um valor numérico que representa a dureza do material. Esta correlação é baseada na tensão de que o penetrador necessita para vencer a resistência da superfície do material.

1.3 AÇO SAE 5140

O aço SAE 5140 pode ser classificado com um aço de construção mecânica ligado, pois é compensado pelo grande teor de cromo e manganês. Os processos de conformação para estes aços podem ser como trabalho a quente, a morno e a frio. Os produtos dos aços SAE 5140, vão desde parafusos de alta resistência, de tampa e cabeça chanfrada, braços de direção, grampos para feixe de mola, barra estabilizadora também sendo empregados no setor da agroindústria e metal mecânico. (BELGO (2014) apud. DAL SOCHIO 2014, p. 10).

A composição química do aço SAE 5140 pode ser vista na tabela 1 conforme a NBR NM 87.

Tabela 1 – Composição química do aço SAE 5140 (% em peso)

Aço	% C	% Mn	% P	% S	% Si	% Cr
5140	0,38- 0,43	0,70- 0,95	0,035	0,040	0,15- 0,35	0,70-0,9

Fonte: NBR NM 87 (2000)

3 METODOLOGIA

Para suprir necessidades, o comparativo no processo de metalização é uma boa opção para redução de tempo de espera do cliente, a fim de dar boas opções de manutenção e orçamentos envolvendo os tipos de manutenção realizados nos motores ou geradores, e para se obter o comparativo através desse estudo, foi utilizado métodos práticos e teóricos.

O tema escolhido foi pensado com cuidado para que os equipamentos elétricos não sofram modificações dimensionais que resultem em perda de resistência mecânica, e que possam interferir na garantia operacional

causando um alto aquecimento no colo do rolamento, rompimento no local da aplicação da aspersão, etc.

A metodologia utilizada para a elaboração deste artigo foi a coleta de dados através das pesquisas bibliográfica obtida em livros, artigos e por meio eletrônico. As pesquisas foram focadas para a área de revestimentos em eixos, resistência a tração, dureza, temperatura na aplicação de soldagem, etc.

A fim de atender a satisfação do cliente o objetivo principal deste artigo bem como os objetivos específicos, é mostrar para o cliente que a resistência mecânica de ambos os revestimentos trará a satisfação ao mesmo.

3.1 Corpo de Prova

O aço SAE 5140 foi fornecido pela instituição SENAI. O material foi retirado de um lote para posteriormente serem cortados em uma serra fita e assim na etapa seguinte serem confeccionados os corpos de prova. Na figura 3 pode-se observar o momento em que o corpo de prova está sendo cortado pela serra fita.

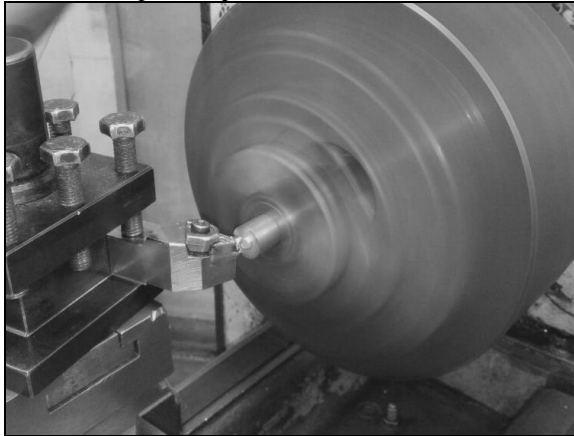
Figura 3 – Execução de corte do corpo de prova



Fonte: Do Autor (2016)

O material desse lote tinha o diâmetro de 15,88mm e foram cortados em um comprimento total de 172mm com sobre metal para seguir a próxima etapa. Os aços cortados na etapa anterior foram levados a um torno convencional (Modelo NARDINI ECO 14) para ser realizado o faceamento e furo de centro. Na figura 4 apresenta o faceamento dos corpos de prova no torno convencional.

Figura 4 - Faceamento dos corpos de provas realizados em torno convencional.



Fonte: Do Autor (2016)

Já faceados e com o furo de centro os corpos de provas foram confeccionados seguindo os pré-requisitos estipulados pela norma NBR 6152, através de um torno CNC (Modelo HOMI). Na figura 5 mostra os corpos de prova pronto para ser aplicado a metalização.

Figura 5 - Corpo de provas prontos para serem aplicado a metalização



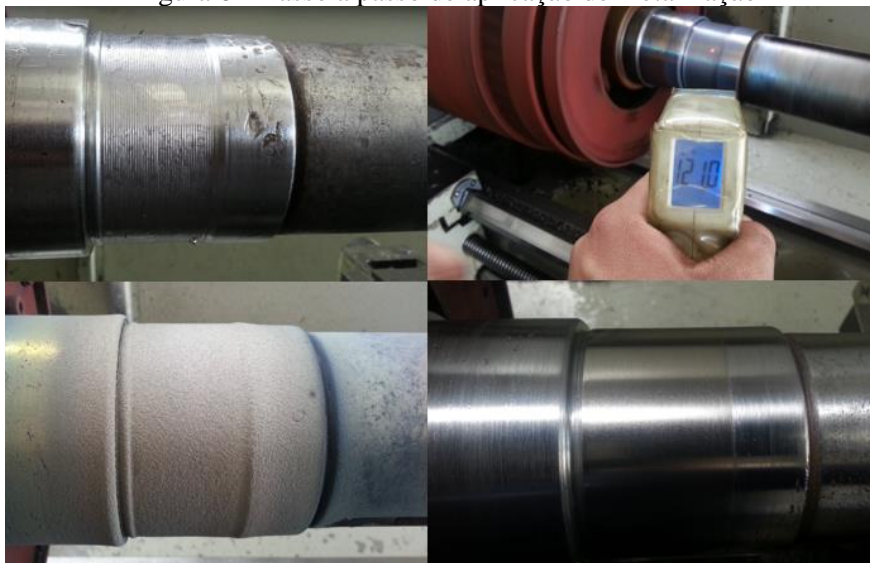
Fonte: Do Autor (2016)

3.2 Metalização

Atualmente, os revestimentos são usados na indústria para recuperação de várias peças que por algum motivo sofreram algum dano como desgaste, corrosão ou recuperação dimensional. Na indústria que trabalha com manutenção em motores e geradores, a aspersão térmica é utilizada nos eixos de motores, mais especificadamente nos colos de rolamentos, tampas, e eixos em geral, todos desgastados ou necessitando de uma recuperação dimensional. A preparação de superfície é a etapa mais crítica do processo de aspersão térmica, sendo essa etapa que interfere diretamente na qualidade do revestimento, pré-aquecer o metal base melhora a aderência do revestimento, na prática sugere-se que a superfície seja pré-aquecida a temperaturas entre 90 e 120° C.

A preparação do corpo de prova ocorreu com a limpeza nas proximidades de onde será aplicado o revestimento, após a limpeza o corpo de prova foi submetido a um pré-aquecimento de 120° C como mostra na figura 6. A usinagem foi realizada com um rebaixo correspondente com 1mm de profundidade, esta que por vez foi usinado através de ranhuras (espécie de rosca) com a mesma ferramenta com um passo de 0,7 mm fazendo com que a superfície do local da aplicação fique com a rugosidade alta para uma maior aderência do revestimento, para que não ocorra o desprendimento do material no corpo de prova, é de suma importância evitar tocar com as mãos o local torneado, devido que as mãos podem estar com graxa, óleo ou outras impurezas, que influenciam na aderência do revestimento. Após a aplicação do revestimento o corpo de prova foi lixado até sua dimensão de 10mm. A figura 6 mostra o passo a passo do processo da aplicação de metalização.

Figura 6 – Passo a passo de aplicação de metalização



Fonte – Do autor (2016)

3.3 Soldagem

Foram separados materiais para ser aplicado a solda antes de confeccionar o corpo de prova, após separar, os materiais voltaram ao torno convencional para ser usinado um canal com 50mm de comprimento deixando o diâmetro interno do canal com 6mm aonde foi feito a aplicação de soldagem MIG\MAG, a figura 7 mostra um demonstrativo da aplicação de soldagem na real utilização do revestimento do dia a dia da empresa.

Figura 7 – Processo de aplicação de soldagem no corpo de prova



Fonte: Do autor (2016)

Após a aplicação da soldagem os corpos de provas foram levados ao torno CNC para serem usinados com suas medidas estipulados pela norma NBR 6152 e assim serem levados para ser realizado os testes de tração e dureza.

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

O teste de tração e de dureza foram realizados com o intuito de notar através de um estudo comparativo qual aplicação, entre a metalização por aspersão termina e soldagem MIG/MAG é mais eficaz em sentido de resistência à tração e dureza.

Através dos corpos de prova serem submetidos à tração foi observado que o de metalização resistiu mais que o corpo de prova com soldagem, o de metalização apresentou uma média de força máxima exercida de 48,627 KN e a resistência máxima de tração uma média de 245,50 MPa, o corpo de

prova com soldagem com os mesmos parâmetros testados, apresentou os seguintes resultados, uma média de força máxima exercida de 38,560 KN, e a resistência máxima de tração uma média de 194,70 MPa.

Um corpo de prova sem metalização e soldagem também foi submetido ao teste de tração, onde apresentou uma média de força máxima exercida 49,503 KN, e a resistência máxima de tração uma média de 249,93 MPa.

Nas figuras 8,9 e 10, retirada do programa Panambra apresentado pela máquina (Versat 300KN), observa-se os parâmetros citados.

Figura 8 - Dados técnicos do lote do corpo de prova metalizado

SENAI -LONDRINA

Relatório de ensaios destrutivos

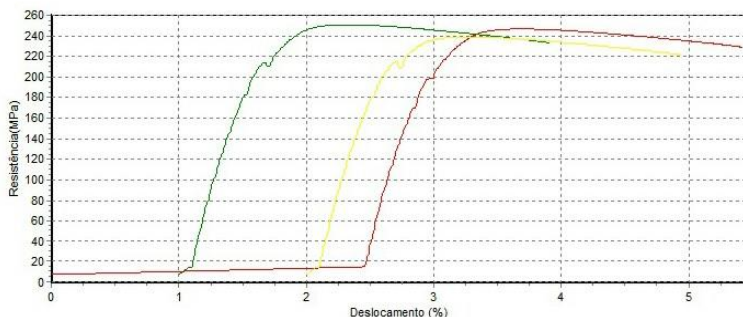
AÇO SAE 5140 - METALIZADO

Nome do lote:	LOTE METALIZADO	Data do lote:	03/11/2016
Nome do método:	TRAÇÃO/FMI	Tipo do extensômetro:	Nenhum
Tipo do equipamento:	Versat-100	Célula de carga:	300 KN
Velocidade de ensaio:	5 mm/min	Sentido do ensaio:	Tração
Ensaio realizados:	3		

WESLEY FERNANDO

Dados técnicos do lote

Ensaio	Área da amostra	Força máxima	Resistência máxima	Deformação linear	Deformação específica	Deformação permanente	Patamar de escoamento	Módulo de elasticidade
Numero	mm ²	KN	MPa	mm	%	%	MPa	MPa
1	198,06	48,865	246,70	9,208	5,4165	2,2790	224,40	42532
2	198,06	49,675	250,80	4,942	2,9071	2,1335	223,90	42807
3	198,06	47,342	239,00	4,995	2,9381	2,1958	209,30	42687
Mínimo	198,06	47,342	239,00	4,94	2,9071	2,13	209,30	42532
Máximo	198,06	49,675	250,80	9,21	5,4165	2,28	224,40	42807
Média	198,06	48,627	245,50	6,38	3,7539	2,20	219,20	42675
Mediana	198,06	48,865	246,70	4,99	2,9381	2,20	223,90	42687
Desvio	0,00	1,184	5,99	2,45	1,4399	0,07	8,58	138
Variância	0,00	1,402	35,89	5,99	2,0734	0,01	73,57	19041



Fonte: Do Autor (2016)

Figura 9 - Dados técnicos do lote do corpo de prova com soldagem

SENAI -LONDRINA

Relatório de ensaios destrutivos

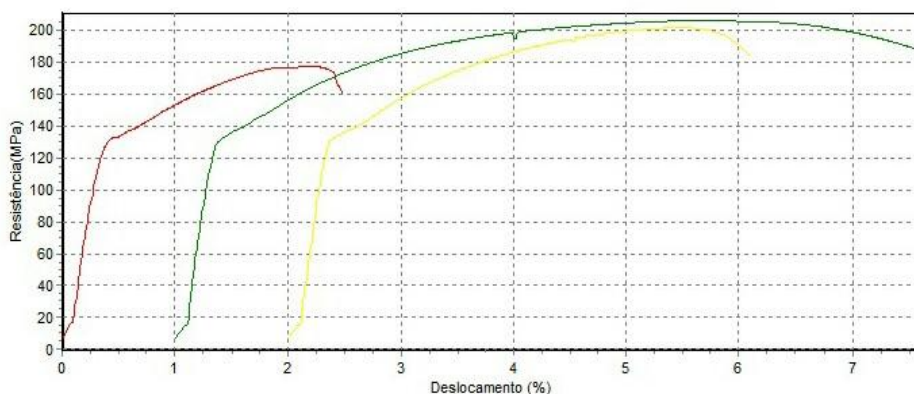
AÇO SAE 5140 - SOLDAGEM

Nome do lote:	LOTE SOLDAGEM	Data do lote:	03/11/2016
Nome do método:	TRAÇÃO/FMI	Tipo do extensômetro:	Nenhum
Tipo do equipamento:	Versat-100	Célula de carga:	300 KN
Velocidade de ensaio:	5 mm/min	Sentido do ensaio:	Tração
Ensaio realizado:	3		

WESLEY FERNANDO

Dados técnicos do lote

Ensaio	Área da amostra	Força máxima	Resistência máxima	Deformação linear	Deformação específica	Deformação permanente	Patamar de escoamento	Módulo de elasticidade
Numero	mm ²	KN	MPa	mm	%	%	MPa	MPa
1	198,06	35,074	177,10	4,212	2,4779	1,5012	152,00	18089
2	198,06	40,775	205,90	11,136	6,5503	5,6471	151,60	20758
3	198,06	39,830	201,10	6,948	4,0872	3,1651	153,40	20358
Mínimo	198,06	35,074	177,10	4,21	2,4779	1,50	151,60	18089
Máximo	198,06	40,775	205,90	11,14	6,5503	5,65	153,40	20758
Média	198,06	38,560	194,70	7,43	4,3718	3,44	152,33	19735
Mediana	198,06	39,830	201,10	6,95	4,0872	3,17	152,00	20358
Desvio	0,00	3,055	15,43	3,49	2,0511	2,09	0,95	1440
Variância	0,00	9,334	238,08	12,16	4,2069	4,35	0,89	2072605



Fonte: Do Autor (2016)

Figura 10 - Dados técnicos do lote do corpo de prova sem metalização/soldagem

SENAI -LONDRINA

Relatório de ensaios destrutivos

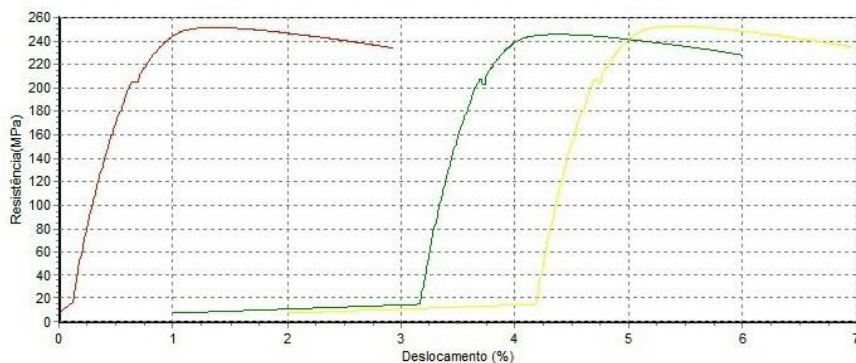
AÇO SAE 5140 - SEM METALIZAÇÃO / SOLDAGEM

Nome do lote:	LOTE SEM METALIZAÇÃO / SOLDAGEM	Data do lote:	03/11/2016
Nome do método:	TRAÇÃO/FMI	Tipo do extensômetro:	Nenhum
Tipo do equipamento:	Versat-100	Célula de carga:	300 KN
Velocidade de ensaio:	5 mm/min	Sentido do ensaio:	Tração
Ensaio realizado:	3		

WESLEY FERNANDO

Dados técnicos do lote

Ensaio	Área da amostra	Força máxima	Resistência máxima	Deformação linear	Deformação específica	Deformação permanente	Patamar de escoamento	Módulo de elasticidade
Numero	mm ²	KN	MPa	mm	%	%	MPa	MPa
1	198,06	49,814	251,50	4,993	2,9372	2,1297	225,50	41729
2	198,06	48,663	245,70	8,494	4,9965	2,1613	222,90	43388
3	198,06	50,031	252,60	8,441	4,9654	2,1077	225,10	43867
Mínimo	198,06	48,663	245,70	4,99	2,9372	2,11	222,90	41729
Máximo	198,06	50,031	252,60	8,49	4,9965	2,16	225,50	43867
Média	198,06	49,503	249,93	7,31	4,2997	2,13	224,50	42995
Mediana	198,06	49,814	251,50	8,44	4,9654	2,13	225,10	43388
Desvio	0,00	0,736	3,71	2,01	1,1801	0,03	1,40	1122
Variância	0,00	0,541	13,74	4,02	1,3925	0,00	1,96	1259396



Fonte: Do Autor (2016)

Para a realização das durezas nos corpos de prova, utilizou-se um durômetro com o indentador tipo Brinell. Após serem submetidos à dureza na máquina (compac – GENEVE), obteve-se as médias do corpo de prova metalizado, com soldagem e sem metalização/soldagem. A média obtida no corpo metalizado foi de 130.33 Brinell, já no com soldagem a média obtida

no teste de dureza foi de 120.66 Brinell. Nota-se a partir destas médias que o corpo de prova metalizado apresentou uma maior dureza em relação aos demais que também se submeteram ao teste. Na tabela 2, é possível observar os dois resultados de cada corpo de prova e sua média, já na figura 11 representa o processo do teste de dureza.

Tabela 2 – Resultados e média do teste de dureza

Aplicações	Teste 01	Teste 02	Teste 03	MÉDIA
Metalizado	127	133	131	130.33
Soldagem	122	121	119	120.66

Fonte: Do Autor (2016)

Figura 11 – Processo do teste de dureza



Fonte: Do Autor (2016)

Com os resultados obtidos foi comprovado que o corpo de prova com metalização apresentou uma melhor resistência mecânica nos testes de tração e dureza, comparado ao corpo de prova com soldagem. E o corpo de prova

sem as duas aplicações de revestimento foi utilizado apenas para um comparativo entre as duas aplicações, uma apresentando metalização por aspersão térmica e a outra soldagem MIG/MAG.

5 CONCLUSÃO

Através de livros consultados e artigos, levando-se em consideração as médias obtidas na análise de resultados conclui-se que a melhor opção de aplicação de revestimento para o cliente foi a aplicação com a metalização por apresentar um melhor desempenho mecânico e por levar um menor tempo para a aplicação.

Com os estudos levantados, caracterizando o aço SAE 5140 e apresentando os testes de tração e dureza, nota-se o quão importante foi o estudo de comparação realizado, pois estes mostram a resistência mecânica de cada tipo de aplicação sendo a metalização por aspersão térmica e por soldagem MIG/MAG, e retrataram qual o melhor revestimento para ser utilizado em eixos de motores e geradores elétricos, mostrando para o cliente que a metalização além de levar um menor tempo de execução atende também aos requisitos de resistência mecânica como resistência a tração e resistência a dureza levando em consideração os resultados obtidos nos ensaios mecânicos realizados.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR NM 87: **Aço Carbono e Ligados para construção mecânica – Designação e composição química**, 2000, p. 10

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR 6152:1992 **Materiais metálicos - Determinação das propriedades mecânicas à tração**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR NM 87: **Aço Carbono e Ligados para construção mecânica – Designação e composição química**, 2000, p. 10.

DAL SOCHIO, Jader André. **Influência do tratamento de esferoidização sobre as propriedades mecânicas do aço AISI 5140**. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/103825>>. Acesso em: 09 de nov. 2016.

FERRARESI, D. **Usinagem dos metais**. São Paulo. Ed. Edgard Blücher, 1979.

GARCIA, Amauri; SPIM, Jaime Alvares; SANTOS, Carlos Alexandre dos. **Ensaio dos materiais**. Rio de Janeiro: LTC, 2010. 247 p.

MARANHO, O. **Influência da Preparação da Superfície na Aderência de Revestimentos de Alumínio Depositados por aspersão Térmica a Chama**. Dissertação de Mestrado, UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina. Outubro, 1996. 126p.

SOUZA, Sérgio Augusto de. **Composição química dos aços**. São Paulo: Edgard Blücher, 2009. 134 p. ISBN 978-85-212-0302-5.

Editora
FACULDADE DE TECNOLOGIA
SENAI LONDRINA - E-tec- V1-2018