

PROCESSO DE SOLDA DE LIGA DURA

Eduardo Fernandes Siqueira¹

Edson Roberto da Silva²

RESUMO

O processo de soldagem iniciou-se no século XIX, e desde então o número de tipos de soldagem só vem crescendo, trazendo novas alternativas para as empresas. O processo de soldagem por revestimento, que é a base dos estudos deste artigo, busca novas tecnologias que o mercado tem a oferecer, principalmente na área de manutenção. Tecnologias que diminuam o período de tempo, melhorem a produtividade e a vida útil de suas máquinas e componentes. O material de revestimento de liga dura vem se destacando por apresentar melhor resistência mecânica e maior tenacidade nas suas aplicações, com isso são favorecidos a indústria e o meio ambiente. Este trabalho tem por objetivo geral mostrar o quanto as condições do ambiente de trabalho podem influenciar na qualidade da solda de revestimento em martelos e facas de moendas. Com o encerramento deste trabalho, é possível concluir que as condições de trabalho influenciam diretamente na vida útil das peças recuperadas por revestimento de solda.

Palavras-Chave: Facas. Martelos. Processo de soldagem. Manutenção.

The welding process began in the nineteenth century, and since then the number of welding types is only growing, bringing new alternatives for companies. The coating process by welding, which is the basis of studies of this article seeks new technologies which the market has to offer, especially in the maintenance area. Technologies that reduce the time, improve productivity and useful life of machines and their components. The hard alloy coating material has been highlighted by presenting better mechanical strength and higher toughness in their applications, thus are favored industry and the environment. This work has the objective to show how the conditions of the work environment can influence the coating of weld quality hammers and crushers knives. With the closure of this work, we conclude that the working conditions directly influence the life of the parts recovered by solder coating.

¹ Aluno de Graduação, Faculdade de Engenharia Mecânica, UniRV Universidade de Rio Verde, 2016

² Orientador, Professor da Faculdade de Engenharia Mecânica, UniRV Universidade de Rio Verde, 2016

1 INTRODUÇÃO

A aplicação de revestimentos com o objetivo de reduzir o desgaste das peças, e consequentemente os custos das mesmas, é importante, pois, existem ainda usinas ou empresas que utilizam peças precárias ao invés de utilizar as mais modernas, acarretando total desgaste e altos custos.

De acordo com Gomes (2010), a soldagem por revestimento é o principal processo usado para sanar os problemas relacionados ao desgaste. Esse processo é realizado através da deposição de material sobre uma determinada superfície para recuperar as peças desgastadas.

O processo de soldagem é a união de materiais baseado nas forças de ligação química que atuam no interior dos próprios materiais, na região que ocorre a união. Esse processo de soldagem somente ganhou destaque no século XIX, com o processo de soldagem por fusão. Atualmente, existem vários métodos de soldagem, pois é o método mais importante na união de metais (LIMA et. al. (2012).

Normalmente, todos os aços estruturais fornecem algum tipo de propriedade mecânica necessária para projetos que não possuem resistência à corrosão. Em sua maioria, a resistência à corrosão somente pode ser atingida se esses materiais forem mais nobres, como aços inoxidáveis e ligas de níquel (KEJELIN, 2012).

Entende-se por soldagem de revestimento a deposição de uma camada de metal de adição sobre a superfície de outro metal, que tem por objetivo obter propriedades ou dimensões desejadas (GOMES, 2010).

Esse processo ocorre através de uma camada de metal de adição que é depositada sobre uma superfície de outro material, empregado para a prorrogação da vida útil das peças (GOMES, 2010).

Essa aplicação de revestimento duro tem sido feita manualmente com o processo de eletrodo revestido ou automático no processo de arco submerso. Devido à maior versatilidade, o processo de arame tubular tornou-se uma grande alternativa para aplicações de revestimentos duros (LIMA e FERRARESI, 2010).

De acordo com Kejelin (2012), a soldagem de revestimento se diferencia das outras devido à geometria do cordão de solda. Essa soldagem garante mais resistência à junta soldada.

E além disso, também consiste no ajuste adequado dos parâmetros do processo para que o material depositado adquira a geometria desejada.

Este processo de soldagem é empregado seguido de algumas aplicações, que, de acordo com Gomes (2010), são a prorrogação da vida útil, recuperação de elementos afetados pelo desgaste e criação de superfícies com novas características especiais.

Baptista e Nascimento (2015) colocam que a soldagem de revestimento consiste na deposição de um consumível de soldagem com características em geral mais nobres ao metal base, visando aplicações específicas como maiores dureza e resistência ao desgaste. Essa deposição pode ser executada em passes simples ou múltiplos. Toda essa aplicação necessita de boa definição, pois a altura do cordão da solda não pode ser muito grande, senão implicará na perda do material do revestimento.

Os componentes industriais estão sempre sujeitos à algum tipo de desgaste, sendo assim, estão em manutenção frequente. Conseqüentemente, a extensão da vida útil de tais componentes pode resultar em economias significativas (GOMES, 2010).

Segundo Infosolda (2015), o processo de soldagem por revestimento é tão importante quanto a seleção da liga. Outros fatores que fazem parte desse processo de escolha são a qualidade do revestimento, as características da peça, a composição da liga e a habilidade do soldador.

Neste tipo de soldagem, para que ocorra a proteção contra corrosão, a composição química da solda será intermediária entre as composições químicas do metal de base e do metal de adição (KEJELIN, 2012).

Os metais de adição são depositados com a finalidade de melhorar as propriedades de resistência à corrosão, desgaste, altas temperaturas, aumento da dureza e obtenção de algumas necessidades metalúrgicas (GOMES, 2010).

Gomes (2010) afirma que algumas características são indispensáveis para que a soldagem de revestimento apresente essas vantagens. São elas: melhoria do local desejado; fácil uso dos materiais de dureza e ligas resistentes; aplicação rápida do processo de revestimento; proteção das peças e redução da manutenção. O autor afirma ainda que as técnicas manuais, semiautomáticas ou automáticas podem ser utilizadas independentemente do processo empregado e que alguns cuidados devem ser utilizados durante o processo da soldagem de revestimento, ou seja, relação à geometria da peça, custo do procedimento da soldagem, desenvolvimento das trincas e a qualidade do revestimento.

O revestimento adiciona elementos de liga no metal da solda, concentra todo o calor no ponto do eletrodo e gera escória, que protege o metal fundido contra possíveis contaminações. Apresenta ainda funções que adicionam elementos de liga no metal de solda e controlam a sua taxa de resfriamento (JUNIOR, 1998).

A soldagem de revestimento é uma técnica que pode ser subdividida da seguinte forma, conforme coloca Dalpasquale, Cruz e Ramon. (2015): endurecimento superficial, que acontece quando a liga é homogeneamente depositada por soldagem sobre a superfície de um material mole; revestimento de recuperação, que é o processo de restauração das dimensões originais do componente; revestimento de aços inoxidáveis, que consiste na aplicação, através de soldagem, de um metal resistente à corrosão sobre outro metal cuja resistência à corrosão; produz o amateigamento, método de revestimento sobre uma camada de solda de alta ductilidade antes da soldagem propriamente dita.

O processo de soldagem de revestimento deve ser aplicado em materiais que tenham soldabilidade, assim a soldagem se torna mais difícil à medida que o teor do carbono aumenta. Os aços inoxidáveis, ferros fundidos e aços rápidos, podem ser revestidos com o uso de técnicas apropriadas de soldagem. Os metais ferrosos e os não ferrosos são passíveis de revestimento (DALPASQUALE et.al, 2015).

De acordo com Infosolda (2015), na seleção de um processo de revestimento, deve-se levar em conta as características físicas da peça, características metalúrgicas do metal de base, qualidade e propriedades do material revestido, habilidade do soldador e custo. O tamanho, a forma e o peso da peça exercem forte influência no processo.

A aplicação de revestimento objetiva reduzir o desgaste, buscando incremento de vida e redução das paradas de manutenção. Se o material for bem selecionado, é possível transformar elementos descartáveis em bens recuperáveis, e aumentar a eficiência do processo em que tomam parte os elementos reconstruídos e/ou protegidos (LIMA et. al, 2010).

A seleção do processo para revestimento é mais complicada quando a peça é de pequenas dimensões, permitindo seu transporte para o equipamento de soldagem, conforme coloca Infosolda (2015). Para essas peças, utiliza-se o processo de metalização e/ou oxicombustível ou TIG que exigem um revestimento fino, aplicado numa região localizada.

Existe uma diferença na contração e expansão térmica entre o metal de base e a liga de revestimento, e é extremamente importante em aplicações que apresentam condições térmicas cíclicas de trabalho. Uma diferença muito grande pode resultar na perda de aderência. Camadas

de amanteigamento (almofada) são frequentemente depositadas entre o metal de base e a liga de revestimento para contornar grandes diferenças das características de expansão e contração térmica (INFOSOLDA, 2015).

Ainda do ponto de vista metalúrgico, a composição e as propriedades do revestimento são influenciadas pela diluição. Um exemplo desse processo é o revestimento em aço de baixa liga com eletrodos de aço inoxidável pelo processo com eletrodo revestido. Esse processo normalmente apresenta de 15 a 50% de diluição na primeira camada. Desta forma, se for utilizado um eletrodo E308 (19% de cromo e 9% de níquel) sobre aço carbono ou de baixa liga, a primeira camada do depósito conterá cerca de 12% Cr e 6% Ni. Esse depósito apresentaria redução nas propriedades mecânicas e resistência à corrosão. Por outro lado, se for utilizado um eletrodo E309 (25% Cr e 12% Ni) com as mesmas condições de soldagem, o depósito conterá cerca de 16% Cr e 8% Ni. Esse depósito teria melhor resistência à corrosão e melhores propriedades mecânicas, como ductilidade. A diluição perto de 15% melhorará ainda mais estas propriedades (INFOSOLDA, 2015).

Outro fator importante é a posição da soldagem, pois o revestimento aplicado exerce um importante papel na diluição. Dependendo de sua posição ou inclinação, a gravidade irá favorecer a poça de soldagem em relação a atuação do arco esteja sempre a frente, junto ou atrás (KEJELIN, 2012).

Destaca-se ainda para o revestimento de soldagem a habilidade do soldador, que é considerada essencial na qualidade do revestimento. A regra diz que o revestimento executado por processos de soldagem manual, tais como soldagem oxicombustível, eletrodo revestido e TIG, exigem alta qualificação profissional. Por outro lado, processos de soldagem automáticos, tais como arco submerso, requerem uma habilidade mínima do soldador (INFOSOLDA, 2015).

Ainda, falhas prematuras em peças e/ou equipamentos podem ocorrer por fenômeno de desgaste. De acordo com Infosolda (2015), essas falhas têm onerado as indústrias em centenas de bilhões de dólares por investimentos na aquisição de novas peças.

O desgaste é o deslocamento indesejável do material. Ele implica em dano que ocorre na superfície de um sólido devido ao movimento relativo entre a superfície e uma ou mais substâncias em contato com ela. Pode ser definido como a perda progressiva de material da superfície considerada. O erro mais comum no controle de desgastes é não reconhecer que existem várias formas de desgaste e que cada uma deve ser considerada independentemente. O que pode ser um bom projeto ou material para resistir a uma forma de desgaste, pode ser ruim

para outra. Os principais mecanismos de desgaste são: abrasão, adesão, erosão, impacto e corrosão. Em termos de porcentagem, a ocorrência de cada um dos mecanismos em situações práticas é: abrasão 50%; erosão 8% e demais mecanismos 15% e corrosão 27% (INFOSOLDA, 2015).

Hoje, devido à alta tecnologia, é possível proteger um componente ou superfície por processo de revestimento de soldagem. Este revestimento tem por finalidade a melhoria da eficiência do equipamento, a redução no consumo de potência, redução de custo, recuperação das peças, aumento da vida útil e a diminuição do tempo de parada dos equipamentos (INFOSOLDA, 2015).

Para ter sucesso, o revestimento por soldagem necessita de que se cumpram algumas etapas consideradas fundamentais, por isso, é muito importante definir os mecanismos de desgaste, elevando dessa maneira o tempo de vida útil das peças (INFOSOLDA, 2015).

Para Neris (2012), o revestimento tem algumas funções básicas, que são: proteger o arco contra o oxigênio, reduzir a velocidade de solidificação, facilitar a abertura, introduzir elementos de liga no material, facilitar a soldagem e constituir-se em isolante elétrico na soldagem em chanfros estreitos ou de difícil acesso.

Este trabalho tem por objetivo geral mostrar o quanto as condições do ambiente de trabalho podem influenciar na qualidade da solda de revestimento em martelos e facas de moendas. Para isso, desenvolveu-se um novo ambiente de trabalho, como uma estufa para enchimento das peças, para que as mesmas não sofressem mudanças de temperatura muito bruscas, já que isso poderia alterar suas propriedades mecânicas. Depois dessas alterações e mudanças na manutenção das facas e martelos, foi elaborada uma pesquisa para verificação dos desgastes das peças.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 MATERIAIS

Para a realização deste trabalho, foram utilizadas 30 unidades de martelos de moenda usados para desfibrar cana no processo de fabricação de etanol e açúcar. Além disso, 30 facas utilizadas no processo de corte de cana, dos quais 10 martelos e 10 facas eram novas (sem revestimento). As outras 20 peças de cada foram revestidas com dois tipos de eletrodo, um para

fazer a base do enchimento eletrodos NCS NICROSOL A 5.5/A E7018-G com corrente CC+(110 a 170 Amperes) e bitola de 4mm x 450mm de comprimento, e outro para fazer o revestimento duro superficial eletrodo UTP LEDURIT 68, bitola de 4mm x 450mm, com 50% de carboneto composto, resistência ao calor de 450 °C e a dureza de 63 HRC. Foram utilizados aproximadamente 800 gramas do eletrodo de enchimento da base para cada peça e 1 kg de eletrodo para o revestimento duro.

Para fazer a limpeza das peças a serem revestidas, fez-se uso do processo chamado de goivagem que utiliza eletrodos de grafite para corte, com bitola de 3.97X 300mm, vazão 0,28 m³/min e corrente CC+ de 90 a 150 amperes. Foram utilizados cerca de 800g deste eletrodo por peça.

2.2 MÉTODOS

O presente trabalho foi desenvolvido em um conjunto com 96 martelos e 96 facas. De cada conjunto foram selecionadas 10 peças para estudo. A cada 60 dias aproximadamente, elas foram substituídas por peças recuperadas por soldagem de revestimento. O presente estudo foi dividido em três etapas. Em todas as etapas as peças tiveram sua massa medida antes e depois dos 60 dias de trabalho, sendo o valor da massa a variável de saída para as conclusões deste trabalho.

2.2.1 Primeira etapa

Na primeira etapa, 10 martelos e 10 facas foram revestidas com os eletrodos de base e eletrodos de revestimento duro. Essas peças eram revestidas da maneira que chegavam na oficina (suja de graxa, com resto de bagaço e terra) sem nenhuma limpeza prévia e sem a utilização do processo de goivagem.

2.2.2 Segunda etapa

Na segunda etapa, antes de aplicar os revestimentos nos 10 martelos e nas 10 facas, foi construída uma cabine de soldagem para o controle do processo de soldagem. Com a cabine, é possível evitar a troca brusca de temperatura das peças durante o processo de soldagem, além

de o ambiente ser livre de resíduos contaminantes. Além da cabine, foi introduzido um processo de limpeza por goivagem nas peças com o objetivo de eliminar qualquer tipo de impureza, inclusive antigas incrustações de solda do próprio revestimento. Após a limpeza por goivagem, um lixamento com a lixadeira manual foi aplicado nas peças para complementar o processo de limpeza. Por fim, as peças foram pré-aquecidas com o maçarico para minimizar o efeito do choque térmico. Em seguida, as peças foram revestidas primeiramente com o eletrodo de base e então com o eletrodo de liga dura. Após o processo de revestimento, as peças foram envolvidas em uma lã de vidro a fim de amenizar o processo de resfriamento e minimizar o possível surgimento de trincas.

2.2.3 Terceira etapa

Na terceira etapa, foram montados um conjunto de 96 martelos e um conjunto de 96 facas todos novos, dos quais 10 de cada foram marcadas para serem analisadas após 60 dias de uso, com a finalidade de comparar com as outras situações.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O capítulo a seguir apresenta os resultados obtidos neste trabalho com suas respectivas discussões. Os resultados foram divididos em duas etapas, uma para a análise das facas e outra para análise dos martelos.

3.1 TESTES COM AS FACAS

Como se nota na Tabela 1, os valores das massas após o revestimento antes de serem colocadas em trabalho possuem valores aproximados para as facas recuperadas em condições precárias (R.C.P) e para as facas recuperadas em condições melhoradas (R.C.M). Para as facas originais (R.O.), o valor da massa é um pouco superior, fato que pode ser explicado pelos diferentes métodos que possivelmente foram aplicados no revestimento das facas. As facas originais foram revestidas pelo fabricante, enquanto as demais foram revestidas pela equipe de manutenção da empresa onde as mesmas foram montadas.

TABELA 1 – Valores das massas das facas em Kg recuperadas antes e após 62 dias de trabalho

Peça	R.C.P		R.C.M		R.O.	
	antes	depois	antes	depois	antes	depois
1	30,901	30,700	30,894	30,790	32,100	32,015
2	30,895	30,634	30,901	30,793	32,112	32,036
3	30,905	30,680	30,895	30,691	32,096	32,015
4	30,896	30,411	30,906	30,801	32,101	32,025
5	30,901	30,701	30,899	30,700	32,117	32,031
6	30,906	30,663	30,905	30,791	32,056	31,932
7	30,900	30,403	30,898	30,704	32,085	31,984
8	30,889	30,490	30,940	30,811	32,100	32,005
9	30,898	30,611	30,902	30,796	32,105	32,023
10	30,905	30,675	30,860	30,825	32,075	32,000

R.C.P - Revestimento em condições precárias

R.C.M - Revestimento em condições melhoradas

R.O. - Revestimento original

Fonte: próprio autor

Com base nos dados da Tabela 1, a Tabela 2 foi montada e demonstra a perda de massa das facas após 62 dias de trabalho. Como pode ser observado, as facas originais apresentam menor perda de massa em comparação com as demais. Possivelmente o controle de qualidade durante a fabricação destas facas é superior aos conseguidos nas oficinas de manutenção das empresas.

Sobre as facas recuperadas em condições melhoradas, houve uma menor perda na massa em comparação às facas recuperadas em condições precárias. Esse fato pode estar relacionado com a adequação das condições da oficina. Antes da adequação, a maneira como as facas chegavam na oficina e já recuperadas acontecia sem o menor cuidado e controle. Após a melhoria das condições e desenvolvimento de controle no processo, foi notório o melhoramento na vida útil das facas, fato observado na Tabela 2.

Mesmo as facas recuperadas em condições melhoradas, a perda de massa ainda foi maior que em comparação com as facas originais. É possível que essa ocorrência tenha relação com a mudança da microestrutura do material da faca. Uma vez que a mesma sofre aquecimento considerável e não recebe tratamento térmico após o processo de revestimento, e por melhores que sejam as condições da oficina, ainda assim não são as mesmas condições da indústria que as fabrica.

TABELA 2 – Diferença entre as massas antes e depois dos testes

Peça	R.C.P	R.C.M	R.O.
1	0,201	0,104	0,085
2	0,261	0,108	0,076
3	0,225	0,204	0,081
4	0,485	0,105	0,076
5	0,200	0,199	0,086
6	0,243	0,114	0,124
7	0,497	0,194	0,101
8	0,399	0,129	0,095
9	0,287	0,106	0,082
10	0,230	0,035	0,075

R.C.P - Revestimento em condições precárias

R.C.M - Revestimento em condições melhoradas

R.O. - Revestimento original

Fonte: próprio autor

3.2 TESTES COM OS MARTELOS

Como pode-se notar na Tabela 3, os valores das massas após o revestimento antes de serem colocadas em trabalho possuem valores aproximados para as facas recuperadas em condições precárias (R.C.P) e para as facas recuperadas em condições melhoradas (R.C.M). Para as facas originais (R.O.), o valor da massa é um pouco superior. Esse fato pode ser explicado pelos diferentes métodos que possivelmente foram aplicados no revestimento das facas, pois as facas originais foram revestidas pelo fabricante, enquanto as demais foram revestidas pela equipe de manutenção da empresa onde as mesmas foram montadas.

TABELA 3 – Valores das massas dos martelos recuperadas e após 62 dias de trabalho

Peça	R.C.P		R.C.M		R.O.	
	antes	depois	antes	depois	antes	depois
1	29,651	29,435	29,65	29,501	30,05	29,983
2	29,615	29,45	29,63	29,493	30,1	29,994
3	29,625	29,415	29,615	29,52	30,085	30
4	29,6	29,435	28,58	29,495	30,04	29,965
5	29,62	29,4	29,65	29,504	30,085	30,003
6	29,59	29,398	29,55	29,47	30,101	30,029
7	29,63	29,401	29,66	29,535	30,095	30,01
8	29,6	29,422	29,59	29,491	30,08	30,008
9	29,601	29,41	29,61	29,5	30,1	30,017
10	29,625	29,405	29,625	29,508	30,091	30,02

R.C.P - Revestimento em condições precárias

R.C.M - Revestimento em condições melhoradas

R.O. - Revestimento original

Fonte: próprio autor

Com base nos dados da Tabela 3, Tabela 4 foi montada. Nela, apresenta-se a perda de massa das facas após 62 dias de trabalho. Como pode ser observado, as facas originais apresentam menor perda de massa em comparação com as demais. Possivelmente o controle de qualidade durante a fabricação destas facas é superior aos conseguidos nas oficinas de manutenção das empresas.

Sobre as facas recuperadas em condições melhoradas, houve menor perda na massa em comparação às facas recuperadas em condições precárias. Este fato pode estar relacionado com a adequação das condições da oficina. Antes da adequação, a maneira em que as facas chegavam na oficina e já recuperadas acontecia sem o menor cuidado e controle. Após o melhoramento das condições e do controle do processo, foi notório a melhoria na vida útil das facas, fato observado na Tabela 4.

Mesmo para as facas recuperadas em condições melhoradas, a perda de massa ainda foi maior que em comparação com as facas originais. É possível que essa ocorrência tenha relação com a mudança da microestrutura do material da faca, uma vez que a mesma sofre aquecimento considerável e não recebe tratamento térmico após o processo de revestimento. Por melhores que sejam as condições da oficina, ainda assim não são as mesmas condições da indústria que as fabrica.

TABELA 4 – Diferença entre as massas antes e depois dos testes

Peça	R.C.P	R.C.M	R.O.
1	0,216	0,149	0,067
2	0,165	0,137	0,106
3	0,210	0,095	0,085
4	0,165	-0,915	0,075
5	0,220	0,146	0,082
6	0,192	0,080	0,072
7	0,229	0,125	0,085
8	0,178	0,099	0,072
9	0,191	0,110	0,083
10	0,220	0,117	0,071

R.C.P - Revestimento em condições precárias

R.C.M - Revestimento em condições melhoradas

R.O. - Revestimento original

Fonte: próprio autor

4 CONCLUSÃO

Com base nos objetivos do trabalho, é possível chegar as seguintes conclusões:

As melhorias nas condições de soldagem das facas e martelos influencia na qualidade da solda, provando que as condições melhoradas aumentam a vida útil das facas.

As facas e martelos novos obtiveram o melhor desempenho em relação às peças recuperadas na oficina da empresa.

REFERÊNCIAS

BAPTISTA, A.L.B.; NASCIMENTO, I. A. do. Revestimentos Duros Resistentes ao Desgaste Depositados por Soldagem Utilizados na Recuperação de Elementos de Máquinas. Spectru Instrumental Científico Ltda, 2015.

DALPASQUALE, A.S, CRUZ, J. R., RAMON., L. Revestimento por Soldagem e Aspersão Térmica. Disponível em: demec.ufpr.br/.../superficie/material%20didatico/...Materiais/.../Revestimento. Acesso em: 12 out. 2015.

GOMES, J. H. F. Análise e otimização da Soldagem de Revestimento de Chapas de Aço ABNT 1020 com Utilização de Arame Tubular Inoxidável Austenítico. 2010. 136f. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2010.

INFOSOLDA. Revestimento por Soldagem. Disponível em:<<http://www.infosolda.com.br/biblioteca-digital/livros-senai/processos/177-revestimento-por-soldagem-caracteristicas.html>> Acesso em: 12 out. 2015.

JUNIOR, R. C. S. F. Influência dos parâmetros de Soldagem Na Formação de Trincas a Frio em Juntas Soldadas de Aços arbl. 1998, 66f. Monografia (Graduação em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 1998.

KEJELIN, N. Z. Soldagem de Revestimento de Aços Comuns c-mn com Superliga a Base de Níquel Inconel 625. 2012, 219f. Tese (Pós-graduação em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012.

LIMA, A.C; FERRARESI, V.A. Análise da Resistência ao Desgaste de Revestimento Duro Aplicado por Soldagem em Facas Picadoras de Cana-De-Açúcar. Soldagem Insp. São Paulo, Vol. 15, No. 2, p.094-102, Abr/Jun 2010.

LIMA, A.C.; FIGUEIREDO, K. M.; REIS, G. S.; FERRARESI, V.A.; GONÇALVES, R.A. Resistência ao desgaste de revestimento duro aplicado por arame tubular. In: VI CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA MECÂNICA, 2010, Campina Grande, Resumo. Uberlândia: UFU – FEMEC, 2010.

LIMA, A. C; SIQUEIRA, I. L.; OLIVEIRA, F. P.; MORAIS, L. I.; MORAIS NETO, V. P. Soldagem de Revestimentos Duros em Facas Picadoras de Cana-de-Açúcar de Indústria

Sucroalcooleira: Eletrodo Revestido “versus” Arame Tubular. In: VII CONNEPI, 2012, Tocantins. Resumo. Goiás: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás – IFG, 2012.

NERIS, M.M. Soldagem de metais. Curso de Engenharia mecânica. Faculdade Unisanta.