

**ESTUDO COMPARATIVO DE SOLDAGEM DE CHAPISCO MANUAL E  
AUTOMATIZADO EM MOENDAS DE USINAS SUCROENERGÉTICAS**  
*COMPARATIVE STUDY OF MANUAL AND AUTOMATIC WELDING IN THE  
PROCESS OF HARDFACING AT SUGAR-ENERGY MILLS*

Luís Ricardo de Matos <sup>1</sup>  
Tiffany Muniz dos Santos <sup>1</sup>  
Conrado Augusto Fantini <sup>2</sup>

Universidade São Francisco – *Campus Itatiba*

[luismatoslr@gmail.com](mailto:luismatoslr@gmail.com) | [tiffany.m@gmail.com](mailto:tiffany.m@gmail.com) | [conrado.fantini@usf.edu.br](mailto:conrado.fantini@usf.edu.br)

<sup>1</sup>Alunos do Curso de Engenharia Mecânica

<sup>2</sup>Professor Orientador

**RESUMO.** Neste trabalho foi desenvolvido um estudo de caso comparativo sobre os métodos da soldagem de chapisco, um tipo específico de soldagem que atua em moendas de usinas sucroenergéticas podendo ser executada por dois métodos: o manual e o automático. O modo manual, é o método mais comum aplicado nas indústrias, é executado por um operador denominado de chapiscador, possui inúmeras vantagens, porém é mais demorado, devido à condições de trabalho do chapiscador serem desfavoráveis. Já o modo automático, utiliza um operador que posiciona um robô programável para aplicar a soldagem. Este modo possui a melhor qualidade e rapidez, contudo possui limitações. Na área da soldagem de chapisco, há uma discussão entre os profissionais da área para definir qual o melhor método a ser usado, e no meio acadêmico, não existem muitos trabalhos voltados aos métodos de soldagem de chapisco, sendo esta uma razão para a elaboração deste estudo. Este trabalho tem como objetivo analisar os dois métodos de aplicação, e comparar seus prós e contras para definir qual é o melhor nos parâmetros financeiros, qualidade, produtividade e segurança. Para tanto, foi realizado um estudo bibliográfico de forma qualitativa em artigos científicos, dissertações, catálogos de fabricantes de solda, revistas e sites especializados, além de discussões com professores e profissionais da área e, de forma quantitativa, pesquisas de campo em uma usina sucroenergética, localizada no estado do Paraná para coleta de dados. Na coleta de dados, notou-se que a aplicação do método automático, por ser realizada por meio de programação, é mais precisa, mais rápida e segura. Já o método manual demanda mais tempo de aplicação, tem uma deposição irregular, os custos de material e mão de obra são menores, contudo possui o diferencial de ser aplicado em situações variadas. Com este trabalho, pôde-se concluir que o método automático se sobressai nos quesitos de tempo de aplicação, a deposição de material é regular e uniforme, não há problemas com segurança e seu custo se assemelha ao modo manual.

**PALAVRAS-CHAVE:** Soldagem de chapisco; Estudo comparativo; Solda automática; Solda manual.

**ABSTRACT.** In this work, a comparative case study was developed on the methods of welding in roll mills, a specific type of welding that operates in mills of sugarcane mills, being able to be executed by two methods: manual and automatic. The manual mode is the most common method applied in the industries, it is executed by an operator called “chapiscador”, it has many advantages, but it is more time consuming due to uncomfortable working conditions of the chapiscador. Already the automatic mode, uses an operator that positions a programmable robot to apply the welding. This mode has the best quality and speed, but it has limitations. In the area of roll mills welding, there is a discussion among the

professionals of the area to define the best method to be used, and in the academic environment, there are not many works related to the methods of welding, this is one reason for the elaboration of this study. This work aims to analyze the two methods of application, and compare their pros and cons to define which is the best in financial parameters, quality, productivity and safety. In order to do so, a qualitative bibliographical study was carried out in scientific articles, dissertations, catalogs of solder manufacturers, magazines and specialized websites, as well as discussions with professors and professionals of the area and, quantitatively, a field research in a sugarcane plant, located in the state of Paraná for data collection. In the data collection, it was noticed that the application of the automatic method, being carried out by means of programming, is more precise, faster and more secure. The manual method requires more time of application, has an irregular deposition, the costs of material and labor are smaller, however it has the differential of being applied in varied situations. With this work, it was possible to conclude that the automatic method excels in the requirements of time of application, the deposition of material is regular and uniform, there are no problems with safety and its cost is similar to manual mode.

**KEYWORDS:** Roll mills welding; Comparative study; Automatic welding; Manual welding.

### INTRODUÇÃO

Desde os tempos de colônia, o Brasil, dono de um vasto território com clima e solo favoráveis para o plantio de inúmeras culturas, se destacou no cenário da cana-de-açúcar. No decorrer dos anos, se estabeleceu como o maior produtor de cana-de-açúcar no mundo, e esta cultura representa 42% da produção agropecuária do estado de São Paulo (SIMÃO e LORENZON, 2018).

As usinas sucroenergéticas, mais conhecidas como usinas de cana-de-açúcar, produzem álcool, açúcar e bioenergia, para atender as altas demandas do mercado. Segundo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, o Brasil produziu em 2017, um total de 657.572.586 toneladas de cana-de-açúcar, sendo 612.467.193 toneladas apenas na região Centro-Sul.

Para satisfazer os elevadíssimos números de produção, as usinas sucroenergéticas brasileiras necessitam de uma atenção especial na extração da cana-de-açúcar sempre objetivando um melhor rendimento de produção, sendo realizado um processo de soldagem nas moendas, evitando o desgaste dos rolos em até 30% no processo de extração (UNIWELD IND. DE ELETRODOS LTDA, 2018).

Esse processo de soldagem, denominado de chapisco, é aplicado no perfil dos rolos das moendas, para aumentar e manter a rugosidade uniforme, a fim de aumentar e garantir a extração da cana, reduzindo a umidade gerada pelo contato do caldo com o rolo, e de reprimir os desgastes na extração da cana-de-açúcar. O processo é aplicado nas moendas em duas fases, sendo a primeira realizada na pós-safra, para retirar o revestimento de solda antigo e inserir um novo. A segunda é realizada diariamente a fim de segurar a produtividade da moenda e possibilitar uma economia significativa em suas perdas, sem haver a necessidade de interromper a produção (LIMA, 2008).

O chapisco pode ser realizado por dois métodos: o automático e o manual, aplicados respectivamente por um arame tubular e um eletrodo revestido. O método automático utiliza-se de um operador e um robô programável, que obtém um maior controle na velocidade de aplicação, qualidade de acabamento, alto rendimento e produtividade. O método manual é executado por um operador, denominado de “chapiscador” que utiliza o eletrodo revestido. Este método é muito utilizado na indústria por ser mais flexível, sua aquisição tem baixo

custo, porém, em termos de produtividade é menor por depender do chapiscador (WELD VISION, 2016).

O trabalho do chapiscador é árduo e sua condição de trabalho é desconfortável. O chapiscador é exposto às altas temperaturas, alta emissão de luz, e a posição de aplicação é desconfortável, tudo isso interfere em sua performance e consequentemente à qualidade e produtividade da moenda.

Há discussões entre os profissionais deste ramo para definir qual o melhor método a ser aplicado nas moendas para se obter um alto rendimento no processo de moagem em meio à instabilidade econômica e política que o Brasil vive. Os dois métodos produzem resultados similares, contudo, existem especificidades quanto ao seu desempenho nos fatores de segurança, custo, durabilidade, qualidade e eficiência.

O presente trabalho tem como objetivo comparar quantitativa e qualitativamente os processos de soldagem de chapisco pelos métodos automático e manual, averiguando especificamente a qualidade, custo e produtividade aplicados ao processo de revestimento de rolos de moendas.

A motivação para o desenvolvimento deste trabalho consiste no aperfeiçoamento e na especialização dos autores no tema escolhido, contribuindo, também, para o desenvolvimento de informações referentes aos processos de soldagem por arame tubular (automático) e eletrodo revestido (manual) aplicados ao processo de revestimento de rolos e moendas em usinas sucroenergéticas. Desse modo, a orientação deste trabalho segue na direção das mais relevantes publicações na literatura e na busca de experiências com profissionais altamente capacitados que atuam neste segmento.

### REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo, serão tratados os principais temas envolvidos para o desenvolvimento deste trabalho, tais como o histórico e produção da cana-de-açúcar no Brasil, o processo de soldagem de chapisco nas usinas sucroenergéticas, como é realizado o processo de soldagem de chapisco e análise para indicadores de produtividade.

#### *Histórico da produção da cana-de-açúcar no Brasil*

A plantação de cana-de-açúcar deu-se início no século XIV, introduzida pelos portugueses, na região do Recôncavo Baiano e em Pernambuco para a produção de açúcar. O processo era realizado por meio de engenhos movidos por animais, como cavalos e bois, e utilizava mão-de-obra, inicialmente indígena (SCHWARTZ, 1988).

Após a abolição do trabalho escravo no século XIX, a produção da cana-de-açúcar no Nordeste teve uma baixa, sendo transferida para o interior do estado de São Paulo, devido ao crescimento do mercado interno e a queda da produção cafeeira. Nas cidades de Piracicaba e Santa Bárbara do Oeste, se situaram os maiores engenhos de produção de açúcar e álcool (FONTANETTI e BUENO, 2017).

#### *Dados da produção de cana-de-açúcar*

Com o passar dos séculos, o Brasil se tornou o maior produtor e exportador de cana-de-açúcar do mundo, seguido por Índia e China. A produção obteve um grande aumento a partir da década de 70, por conta da criação do Programa Nacional do Álcool para reduzir a dependência de petróleo, gerando inovação na produção de etanol, e redução de combustível poluente, logo aumentando a venda de etanol (KOHLHEPP, 2010).

Entre as regiões produtoras, a região centro-sul é a maior produtora de cana-de-açúcar do país, produzindo mais de 600 milhões toneladas a partir da safra de 2013/2014, enquanto a região Nordeste produziu menos de 10% neste mesmo período, conforme informa a Tabela 1.

**Tabela 1** – Moagem de Cana-de-Açúcar no Brasil.

Regiões	Ano-Safra (ton.)					
	12/13	13/14	14/15	15/16	16/17	17/18(*)
Norte/Nordeste	55.719.561	55.894.725	60.782.439	49.407.043	45.105.393	43.039.650
Centro-Sul	533.517.580	602.802.820	576.931.926	616.897.001	612.467.193	579.433.621
<b>BRASIL</b>	<b>589.237.141</b>	<b>658.697.545</b>	<b>637.714.365</b>	<b>666.304.044</b>	<b>657.572.586</b>	<b>622.473.271</b>

Fonte: DCAA/SPAE/MAPA

(\*) Valores atualizados em 01/03/2018

A produção de cana-de-açúcar na safra de 2015/2016 foi a maior, gerando 33,5 milhões de toneladas de açúcar e 30,4 milhões de litros de etanol, conforme mostra a Tabela 2 (MAPA, 2018).

**Tabela 2** – Produção Brasileira de Cana-de-açúcar, Açúcar e Etanol.

Ano-Safra	Etanol Total (m <sup>3</sup> )	Açúcar (ton.)	Cana-de-açúcar (ton.)
10/11	27.604.120	38.069.510	624.501.165
11/12	22.736.540	35.970.397	560.993.790
12/13	23.473.354	38.357.134	589.237.141
13/14	28.012.284	37.697.512	658.697.545
14/15	28.916.281	35.603.958	637.714.365
15/16	30.492.728	33.508.980	666.304.044
16/17	27.739.682	38.724.993	657.572.586
17/18*	27.197.189	37.583.532	622.473.271

Fonte: Baseado em DCAA/SPAE/MAPA

### *Usina Sucroenergética*

As usinas sucroenergéticas, também conhecidas por usinas sucroalcooleiras, são responsáveis pelo processamento da cana de açúcar para a fabricação do melaço (açúcar), álcool (etanol) e energia elétrica. O setor industrial é responsável pelo recebimento da cana e o processamento da mesma. Este setor é dividido em subsetores, que são: extração do caldo, tratamento de caldo, fabricação de açúcar, fabricação do álcool (etanol), geração de vapor e geração de energia elétrica. (MURAD, 2015).

### *Moendas*

A moenda, ilustrada pela Figura 1, faz parte do setor de extração do caldo e é composta por conjuntos denominados de ternos, que são responsáveis pelo processo de moagem da cana de açúcar. Este processo visa extrair o caldo contido na cana, forçando-a a passar pela abertura entre dois rolos a uma determinada pressão com o objetivo de separar o caldo da fibra, ilustrado pela Figura 2. A quantidade de ternos em uma moenda pode variar de 4 a 7 ternos (GODOY, 2013).

Figura 1- Moenda de 5 ternos. (Fonte: STRESSE, 2011)

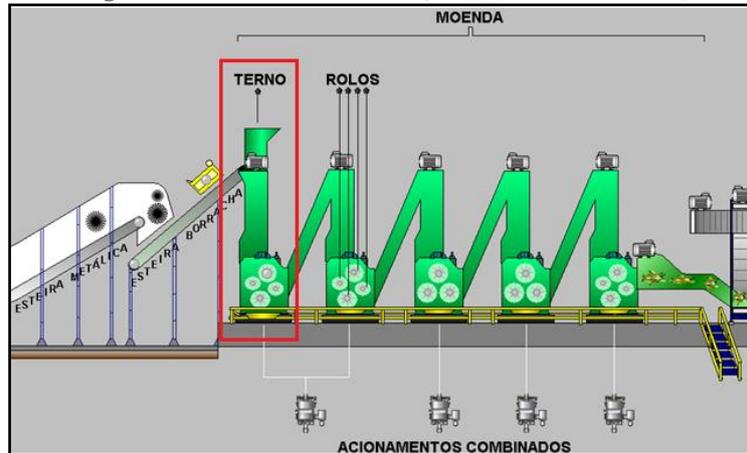
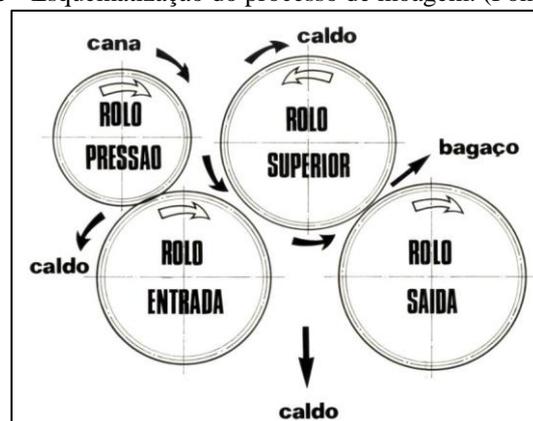


Figura 2 - Moagem da cana-de-açúcar. (Fonte: PEREIRA, 2009)



O processo de moagem, indicado pela Figura 3 ocorre desde o primeiro até o último terno, nos dois primeiros ternos é obtido o caldo primário, que usualmente é utilizado para a produção de açúcar. Nos ternos seguintes, é feito o processo de embebição do bagaço, onde são aplicados jatos de água a 60 °C para que aumente a diluição do caldo contido no bagaço. Nesta operação, é obtido o caldo secundário ou misto, que é destinado à produção de álcool (SANTOS, 2017).

Figura 3 - Esquemática do processo de moagem. (Fonte: GODOY, 2013)



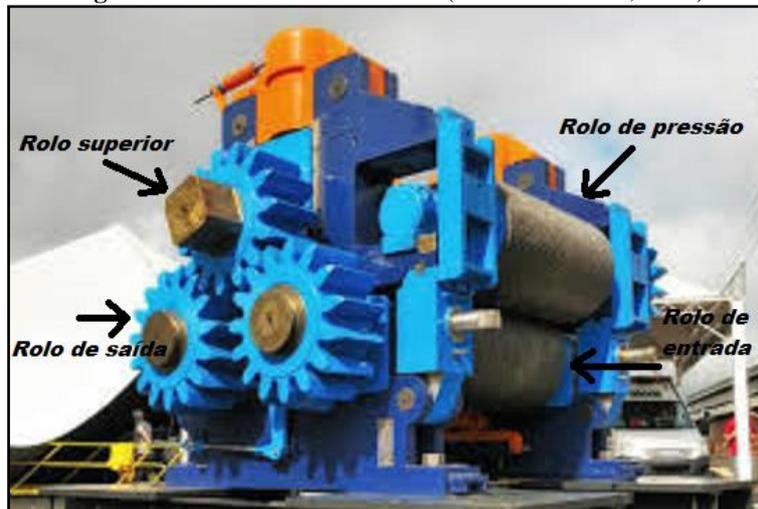
O último terno é responsável pelo controle da umidade do bagaço, que não pode ultrapassar um aumento de 50% da umidade da cana-de-açúcar. Este bagaço é transportado até a caldeira, onde através da alimentação da mesma através do bagaço é gerado energia elétrica, que é consumida por todo o complexo industrial (usina) e o excedente é vendido às companhias de energia.

**Figura 4** - Bagaço saindo do último terno e sendo transportado para a caldeira. (Fonte: Próprio autor)



Os ternos de moenda são constituídos por um rolo de pressão, um rolo de entrada, um rolo superior e um rolo de saída (figura 6). O rolo de pressão é utilizado para aumentar a alimentação e os três principais rolos (entrada, superior e saída) são montados em triângulo em uma estrutura intitulada castelo, de forma que a cana seja esmagada duas vezes em um mesmo terno, primeiramente a cana será esmagada entre o rolo de entrada e o superior e em seguida entre o rolo superior e o de saída (MURAD, 2015).

**Figura 5** - Terno de uma moenda. (Fonte: MURAD, 2015)

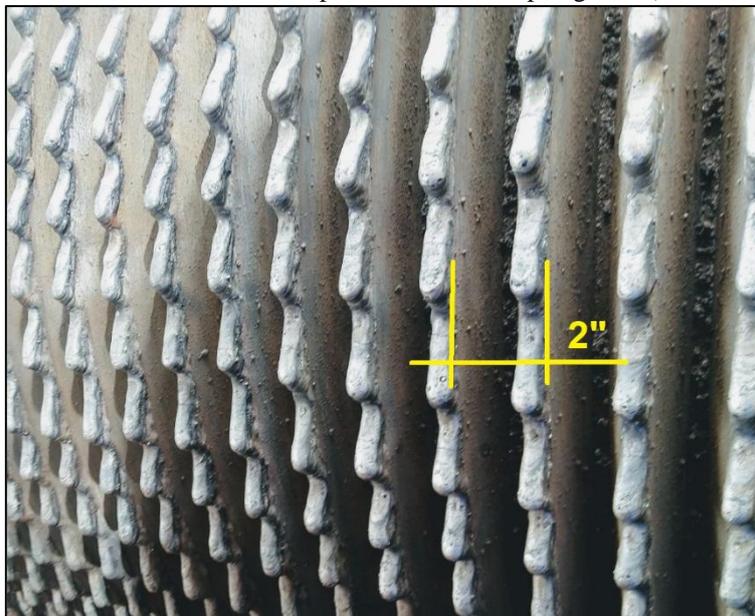


Existem diversas dimensões de rolos de moenda, nas quais estas medidas são dadas em polegadas. A primeira se refere ao diâmetro nominal e a segunda ao comprimento do rolo. A capacidade de moagem está diretamente relacionada ao tamanho dos rolos e quantidade de ternos existentes em uma moenda (SANTOS, 2017).

Os rolos de moenda também possuem diferentes dimensões no espaçamento dos frisos, conforme demonstrado na Figura 6, que podem variar de 1 a 3 polegadas, porém, na maioria das usinas as medidas adotadas são 1,5 e 2 polegadas. Usualmente, as usinas adotam

os seguintes parâmetros: para os primeiros ternos são utilizados rolos com passos largos (2 polegadas) para priorizar a moagem e alimentação de cana na moenda, e nos últimos rolos com passos finos (1,5 polegadas) para a redução da umidade do bagaço (SANTOS, 2017).

**Figura 6** - Detalhe rolo de moenda com passo do friso de 2 polegadas. (Fonte: Próprio Autor)



### *Breve histórico da soldagem*

Segundo Neris (2012), a soldagem é definida com o objetivo de unir duas ou mais peças, sem alterar as propriedades físicas e químicas de um material, e este processo ocorreu há milhares de anos por meio de brasagem e forjamento até o início do século XX, quando foi descoberto o fenômeno do arco elétrico por Sir Humphrey Davy. No entanto, foi quando Oscar Kjellberg criou o primeiro eletrodo revestido em 1907, e a partir deste momento, o processo de soldagem foi inserido nas indústrias no período da Primeira Guerra Mundial (1914-1918) e desenvolveu-se rapidamente durante a Segunda Guerra Mundial (1939-1945) aperfeiçoando e criando novos processos.

Desde então as alterações no processo de soldagem se expandiram e hoje encontra-se, em aproximadamente, 70 meios utilizados pelo mundo, e a estatística continua em ascensão, o que torna uma classificação única e universalmente aceita, algo ainda indisponível (NERIS, 2012).

### *Soldagem em usinas sucroenergéticas*

Como visto anteriormente, a produção e extração de cana de açúcar no Brasil é grandiosa e durante todo o seu processo de moagem os equipamentos sofrem diversos tipos de desgastes por abrasão e atrito. Dessa forma, através do contato direto com a cana, os conjuntos sofrem deteriorações em seu perfil, como demonstrado pela Figura 7, devido à abrasividade da cana e dos resíduos encontrados nela, como terra, sílica, areia, etc. (LIMA, 2008).

Figura 7 - Rolo de moenda pós-safra. (Fonte: Próprio Autor)



Os desgastes são oriundos das elevadas velocidades dos equipamentos em conjunto com o contato direto com a cana, que chega ao setor de extração com diversos materiais agressivos como pedra, ferro, areia, que são coletados junto à cana na colheita realizada de forma automatizada. No decorrer da safra, com o aumento gradativo dos desgastes nos equipamentos, ocorre uma redução na efetividade da extração, por isso são necessárias paradas programadas de manutenção para reparo ou substituição destes equipamentos. Os principais equipamentos do processo de moagem que sofrem desgastes e necessitam de solda para revestimento são: martelos, facas, pentes, bagaceiras, rodetes, volandeira, mancais e rolos de moenda (LIMA e FERRARESI, 2006).

Segundo Murad (2015) existem quatro principais tipos de desgastes, que podem ser classificados como:

- I. Abrasivos: é a perda de material por contato entre materiais;
- II. Fadiga da superfície: ocorre decorrente da formação de trincas devido a ciclos constantes de tensões;
- III. Adesivo: é o desgaste recorrente formação e quebra das junções da interface;
- IV. Corrosivo: ocorre pela interação química entre elementos.

As soldagens de revestimento dos equipamentos podem ser realizadas das seguintes maneiras: revestimento duro externo para aumentar a resistência de um equipamento novo nas partes onde sofrem maior atrito, como demonstrado na Figura 8, reconstrução de equipamentos que tiveram perdas de materiais durante a safra e posteriormente o revestimento duro externo dos equipamentos reconstruídos (LIMA, 2008).

**Figura 8** - Pente novo antes e depois do revestimento duro nos frisos. (Fonte: Próprio Autor)



### *O chapisco*

As usinas comumente pausam no período de entressafra para realizar a manutenção dos equipamentos de moagem, entretanto, são os rolos que sofrem maior desgaste em função da pressão exercida entre si. Por esse motivo, durante toda a safra, é realizado diariamente um procedimento de soldagem nos rolos que favorece a continuidade das atividades sem que ocorra a interrupção dos equipamentos em operação, intitulado de chapisco (LIMA, 2008).

Para este tipo específico de soldagem, é utilizado o revestimento por solda dura, que possui o efeito de pulverização, depositando o material em meio à extração com a finalidade de revestir as laterais dos frisos, deixando-os com aspecto mais rugoso, conforme a Figura 9. Esse revestimento dos frisos, através do chapisco, tem a função de manter o formato do perfil dos rolos que estão sujeitos ao desgaste e o aumento da rugosidade, que através do chapisco obtém-se um atrito maior entre os rolos e a cana, fazendo com que ocorra com mais facilidade a separação do caldo da fibra, e por consequência, aumenta a extração da cana-de-açúcar, proporcionando maior arrasto da fibra (MURAD, 2015).

**Figura 9** - Frisos de rolo de moenda com chapisco nas laterais. (Fonte: MURAD, 2015)



A soldagem de chapisco pode ser realizada através de um sistema automatizado que utiliza o arame tubular (Flux-Cored Arc Welding – FCAW) ou manualmente com o eletrodo revestido. No processo automatizado, faz-se o uso de bitolas de arame tubular que variam o tamanho do seu diâmetro de 2,8 a 3,2 mm, e no processo manual o diâmetro varia entre 4 a 7

mm, sendo mais comum utilizar o de maior diâmetro, por ter uma maior taxa de deposição (MURAD, 2015).

O chapisco automatizado é realizado por um operador, intitulado de chapiscador, onde o mesmo realiza a soldagem utilizando um robô de chapisco, identificados na Figura 10. Neste tipo de soldagem, o operador necessita dos seguintes equipamentos de proteção individual (EPI): capacete, óculos, protetor auricular e botina, onde o mesmo acompanha a operação em local mais apropriado para sua segurança e ao término da operação em cada rolo, efetua a mudança do equipamento para o próximo rolo a ser chapiscado. O chapiscador também é responsável pelo abastecimento do robô com o arame tubular.

**Figura 10** - Chapiscador fazendo acompanhamento operacional do robô. (Fonte: Próprio autor)



Para a realização da soldagem automática, a execução da programação do robô é efetuada por um operador, que através de um controle, efetua o alinhamento das tochas no primeiro friso do rolo, posicionando as mesmas para que sejam chapiscados os dois lados do friso ao mesmo tempo. Em seguida, o robô opera de forma automática até o último friso do rolo a ser chapiscado.

De acordo com a intranet do fornecedor do Roboweld, o robô possui parâmetros em sua interface de programação que permitem regulagens diferenciadas na solda. Em função desses parâmetros, o operador tem a opção de regular o robô de maneira que possa realizar a solda no rolo com preferências de tempo e uniformidade. Esses parâmetros são identificados como:

- I. Profundidade do chapisco: é o comprimento da profundidade propriamente dita na superfície do friso a ser chapiscado, onde geralmente a medida adotada é de 30 mm (da crista à metade do friso);
- II. Número de cordões: cordões são os pontos dentro da profundidade do friso (30 mm) que serão chapiscados;
- III. RPM da Moenda: é a rotação que o rolo faz em um minuto, sendo possível através desta, aumentar ou diminuir o tempo em que o robô permanecerá em cada friso, consequentemente diminuindo ou aumentando a duração da solda no rolo;
- IV. Voltas por cordão: é a quantidade de voltas que o rolo irá realizar em cada cordão, ou seja, se o valor adotado for “duas voltas por cordão”, quer dizer que a cada duas voltas do rolo, um cordão de solda será completado.

Já o chapisco manual, é realizado por um chapiscador, que com uma tocha conectada a uma fonte de solda, aplica uma vareta de eletrodo em cada lado do friso por vez. Esse processo segue desde o primeiro até o último friso do rolo a ser chapiscado.

Diferente do chapisco automatizado, neste caso o operador deve permanecer em cima do terno, no caso de solda no rolo superior, ou na lateral do terno quando a soldagem for realizada nos rolos de entrada e/ou saída, como demonstrado na Figura 11. Este procedimento acontece até que o rolo seja chapiscado por completo.

**Figura 11** - Operador realizando soldagem manual nos rolos superior e de saída. (Fonte: Próprio autor)



Neste método, o operador deve respeitar o tempo ideal de queima do eletrodo, que varia entre 3,5 a 4 minutos cada um. Esse parâmetro de tempo é estipulado pela regulagem da corrente e tensão na fonte de solda (UNIWELD IND. DE ELETRODOS LTDA, 2018).

Para realizar o chapisco manual, o operador necessita de EPI's além dos equipamentos citados na soldagem automática. Estes equipamentos de segurança específicos para a função são os seguintes: máscara de solda, touca, luva de látex reforçado, capa de raspa e máscara com respirador facial, conforme a Figura 12

**Figura 12** - Operador com EPI's para soldagem manual. (Fonte: Próprio autor)



### *Arame tubular e eletrodo revestido*

O arame tubular se consiste em uma fita metálica, enquanto o eletrodo revestido é uma vareta. Eles possuem em seu interior a composição de metais e minerais selecionados para cada propósito, sendo as finalidades de união, o revestimento antidesgaste e o reparo. O funcionamento de ambos os instrumentos ocorre por meio de uma fusão entre o material e o recebimento de corrente elétrica, transformando o material sólido em gotículas líquidas, que

## TRABALHO DE GRADUAÇÃO – ENGENHARIAS

gera um efeito de spray. Quanto maior a corrente aplicada e o diâmetro do material, maior será a quantidade de material depositado.

Para a soldagem de chapisco, o arame tubular e eletrodo revestido são classificados como materiais especiais, devido ao seu desenvolvimento ser especificamente para a aplicação de revestimento em moendas. Os dois materiais têm como efeito a pulverização de gotículas grosseiras, de alta resistência à abrasão e corrosão. O material depositado na moenda é composto por Carbono, Silício, Manganês e Cromo, obtendo-se uma dureza entre 45 e 50 HRC para o arame tubular, e 50 a 60 HRC para o eletrodo revestido (UNIWELD IND. DE ELETRODOS LTDA, 2018).

### *Indicadores de Produtividade*

Segundo Diekmann e Heinz (2011), a produtividade é a relação do homem-hora (Hh) utilizado no processo de conversão construtiva com a quantidade de produtos obtidos. A unidade Homem-hora é o resultado do trabalho humano realizado no tempo de uma hora, sendo essa unidade utilizada na indústria de construção e montagem (MARTINS, FERREIRA e SARAIVA, 2011).

Para a soldagem, a produtividade é a relação quantidade de metal depositada por Homem-hora. Essa quantidade é medida por volume (cm<sup>3</sup>) ou massa (Kg), sendo a produtividade de soldagem identificada pela unidade cm<sup>3</sup>/Hh ou Kg/Hh (MARTINS, FERREIRA e SARAIVA, 2011).

No entanto, é necessário conhecer as seguintes variáveis:

- I. Os custos de soldagem manual e automatizada;
- II. Custo da mão de obra;
- III. Produtividade da mão de obra;
- IV. Investimentos necessários;
- V. Manutenção e inspeção;
- VI. Prazo de execução;
- VII. Prazo de pausa para necessidades humanas.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### *Materiais e equipamentos*

Para o desenvolvimento experimental deste trabalho, foram utilizados os seguintes materiais e equipamentos:

- I. Eletrodo revestido Essen 800 de 5 mm;
- II. Arame tubular Essen 800 SuperTub de 3,2 mm;
- III. 1 Robô de chapisco Roboweld;
- IV. 1 Fonte de Solda Esab LHI 425.

### *Metodologia*

Inicialmente, foi realizado um estudo bibliográfico sobre o assunto proposto através de pesquisas em teses, dissertações, artigos científicos, catálogos de fabricantes e em revistas especializadas. O conhecimento de professores e de profissionais da área contribuiu significativamente para moldar esta fase.

Após pesquisar sobre o tema, a segunda etapa deu-se pela coleta de informações em campo. Para a execução do experimento, foi realizada uma parceria com uma usina sucroenergética, localizada na região noroeste do estado do Paraná.

Durante as visitas, foram coletadas as imagens dos processos de soldagem, dados numéricos sobre custos de materiais e mão de obra envolvidos, tempo de execução e informações mais específicas sobre os processos.

Essas informações se caracterizam com fins exploratórios de abordagem quantitativa e qualitativa, visto que o processo de soldagem é conhecido na área da mecânica, porém, não há um estudo de análise de fins comparativos entre os processos de soldagem de chapisco manual, realizado através de um eletrodo revestido, e a soldagem de chapisco automática, realizada por meio de um arame tubular, considerando os fatores de aplicação, financeiros, qualidade e segurança.

### *O processo*

A usina analisada é de porte médio e possui uma moenda com seis ternos de 54 polegadas, onde os 5 primeiros ternos possuem rolos com passo do friso de 2 polegadas, totalizando 26 frisos e o sexto terno possui rolos com passo do friso de 1,5 polegadas, totalizando 36 frisos. Ela possui uma capacidade para a moagem de 375 TC/h

Particularmente, esta usina utiliza os dois métodos em sua moenda, divididos da seguinte forma: o método manual ficou responsável por seis rolos superiores e o automático por doze rolos inferiores (entradas e saídas). Os materiais utilizados nos processos foram o eletrodo revestido e o arame tubular. A embalagem do arame tubular contém uma bobina de arame com 20 kg e a embalagem do eletrodo tem 20 kg, onde cada eletrodo pesa em média 330 gramas.

As etapas seguintes se deram pelas coletas de dados referentes a tempo de aplicação, custos, qualidade e segurança. Para isso, além das visitas de campo onde eram realizados os estudos e análises, também se utilizou os dados dos apontamentos fornecidos pelo encarregado do setor de moenda.

### *Dados de aplicação*

Para se obter a quantidade média de material gasto por operador em cada processo, foi realizada uma comparação com base em um mês de aplicação. Para isso foi levantado a quantidade média de material aplicado por um operador no processo manual e a quantidade de material aplicado por um operador no processo automático.

Através desta comparação, conforme demonstrado na Tabela 3, pôde-se notar a diferença no tempo de aplicação de cada processo. Na Tabela 4, foram inseridas as quantidades de materiais utilizados nos dois processos durante o período da coleta de dados (7 meses), considerando os quatro chapiscadores do setor.

**Tabela 3 - Período de aplicação.**

<b>Soldagem</b>	<b>Quantidade de Chapisco Aplicado</b>	<b>Período de Aplicação</b>	<b>Tempo de Aplicação</b>
Manual	354 Kg	01/08/18 a 31/08/18	220 Horas
Automática	1580 Kg	01/08/18 a 31/08/18	220 Horas

**Tabela 4 - Quantidade de material utilizado (Kg/mês).**

<b>Material</b>	<b>Mês (Kg)</b>							<b>Total</b>
	<b>Abril</b>	<b>Mai</b>	<b>Junho</b>	<b>Julho</b>	<b>Agosto</b>	<b>Setembro</b>	<b>Outubro</b>	
Arame Tubular	1500	1520	1500	1540	1580	1500	1560	10700
Eletrodo Revestido	1397	1482	1384	1399	1413	1398	1505	9978

No entanto, no processo manual foi contabilizado uma perda de material, pois não é possível derreter todo o corpo do eletrodo devido sua parte inferior estar fixada ao ponta eletrodo da tocha. Esta ponta que não é aplicada, é chamada de “bituca”, indicada pela Figura 13, pode variar de tamanho, dependendo do momento em que o operador termina a aplicação. As bitucas chegam a pesar, em média 20 gramas, aproximadamente a 6% do peso do eletrodo. Esta perda não ocorre no processo automatizado devido a alimentação do arame tubular ser contínua. Ao finalizar uma bobina de arame, é realizada uma simples emenda entre os arames da nova bobina e do robô.

**Figura 13** - Bituca de um eletrodo. (Próprio autor)



#### *Dados financeiros*

Para o levantamento dos dados financeiros, indicados na Tabela 5, foram considerados os custos referentes ao período de 12 meses, com base nas seguintes informações fornecidas pela administração da usina:

- I. O período de coleta de dados em 7 meses e o período de safra em 9 meses;
- II. O custo mensal de locação do robô e a locação de quatro fontes de solda, ambos com custos de manutenção inclusos;
- III. O pagamento da mão de obra dos cinco operadores pelo período de doze meses, levando em consideração os seguintes fatores: salário, impostos, férias, décimo terceiro e Programa de Participação de Resultados, baseado no ano anterior de 637 horas;
- IV. O conjunto de EPI do processo manual foi adquirido para utilização anual de um operador, composto por: 1 capacete, 4 óculos, 2 protetores auricular, 2 pares de botina, 4 máscaras de solda, 3 toucas para soldados, 3 pares de luva, 2 blusões de raspa e 12 máscaras de respiração;
- V. O conjunto de EPI do processo automático foi adquirido para utilização anual de um operador, composto por: 1 capacete, 4 óculos, 2 protetores auriculares e 2 pares de botina;
- VI. Os custos dos materiais utilizados nos processos.

**Tabela 5** - Custos.

Item	Quantidade	Preço Unitário	Preço Total
Arame Tubular	1 KG	R\$ 14,00	R\$ 14,00
Eletrodo Revestido	1 KG	R\$ 13,50	R\$ 13,50
Robô – Aluguel (mensal)	1 UN	R\$ 10.000,00	R\$ 10.000,00
Fonte de Solda – Aluguel (mensal)	4 UN	R\$ 100,00	R\$ 400,00
Operador (mensal)	5 UN	R\$ 2.475,38	R\$ 12.376,90
Conjunto de EPI – Manual (mensal)	4 UN	R\$ 67,25	R\$ 269,00
Conjunto de EPI – Automático (mensal)	1 UN	R\$ 13,56	R\$ 13,56

### *Dados da qualidade*

Os dados relacionados à qualidade foram analisados visualmente, pois foi possível aferir fisicamente as relações de qualidade entre os processos analisados. Abaixo, os descritivos de qualidade relacionados à uniformidade e precisão.

I. A uniformidade da aplicação foi analisada no corpo do friso, verificando se a mesma esteve distribuída por toda sua profundidade e de forma mais homogênea possível. Relacionando esse parâmetro de análise, foi verificado o modo operacional de cada processo e com base neste quesito o processo automatizado oferece ao operador regulagens, onde é possível aplicar a solda em quantos pontos dentro do friso forem preciso para cobrir toda área, garantindo que toda profundidade do friso possa ser chapiscada, no entanto, isto não foi possível no processo manual, visto que o operador deve ter este domínio do posicionamento do eletrodo na área a ser chapiscada, o que não o possibilita de realizar mudanças milimétricas de posicionamento, como se obtém com o robô;

II. A precisão da aplicação foi qualificada através da verificação dos frisos, analisando se todos foram chapiscados por igual. Com base neste quesito também foram analisados o modo operacional de cada processo, resultando na seguinte apuração: na soldagem automatizada, mediante as regulagens do robô foi garantido que todos os frisos fossem chapiscados e da mesma maneira, porém isto não ocorre no processo manual devido à movimentação constante dos rolos, os frisos são muitos próximos uns aos outros e o caldo da extração atrapalha a visão do operador, podendo proporcionar equívocos em sua aplicação, onde um ou mais frisos podem não ser chapiscados;

III. A resistência ao desgaste foi verificada ao final da safra, onde foi feita a análise no perfil dos frisos, examinando o grau de deformidade que os frisos sofreram no decorrer da safra, no qual o chapisco teve como função preservar o máximo possível esse perfil, ou seja, quanto mais revestido de chapisco o friso estiver, menor a perda de material do mesmo, pois o desgaste com o processo irá remover a camada de chapisco e não o corpo do friso. No entanto, a perda de material do friso pode ocorrer por outros fatores como materiais indesejados no processo, que podem ser pedras, ferro, etc.

### *Dados de segurança*

No processo manual, o operador permaneceu no local de aplicação em pé ou sentado, conforme visto na Figura 11, onde costumeiramente tem a liberação de vapor, altas temperaturas, pouco espaço de movimentação e demorado tempo na mesma posição. Este procedimento aconteceu durante todo o turno de trabalho, ou seja, 8 horas diárias, com pausas para refeição e necessidades humanas.

Em contrapartida, no caso do processo automatizado, o operador permaneceu no local apenas na montagem, programação do robô e no início da aplicação em cada rolo, onde aplicou o chapisco, em média, em 4 rolos por dia. No restante do tempo, o mesmo pôde ficar em local mais apropriado, fazendo o acompanhamento da operação, conforme visto na Figura 10, com pausas para refeição e necessidades humanas.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### *Análise de aplicação*

Para análise de aplicação, foram considerados os dados adquiridos na Tabela 5, os resultados obtidos foram calculados por meio das equações de média, desvio padrão e erro padrão, inseridos na Tabela 6, para identificar a regularidade da aplicação.

**Tabela 6** - Dados de média, desvio padrão e erro padrão.

	Automático	Manual
Amostra	7 meses	7 meses
Média aritmética	1.528,57 Kg	1.425,43 Kg
Desvio padrão	32,37 Kg	47,72 Kg
Erro padrão	12,23 Kg	18,04 Kg

$$Média\ aritmética = \frac{\sum Xi}{n} \quad Desvio\ padrão = \frac{\sum_{i=1}^n (Xi - M)^2}{n-1} \quad Erro\ padrão = \frac{Desvio\ padrão}{\sqrt{n}}$$

Onde as seguintes variáveis correspondem a:

$Xi$  = quantidade de materiais utilizados no mês;

$n$  = número de meses;

$M$  = média aritmética.

Ao verificar os dados obtidos, a média de aplicação mensal para cada processo foi de aproximadamente 1.529 kg de arame tubular e, aproximadamente 1.425 kg de eletrodo revestido. Comparando esses valores entre os cinco operadores, os resultados adquiridos foram de 1.5289 kg de arame para o operador do processo automático e aproximadamente 356 kg de eletrodo revestido para cada um dos quatro operadores do processo manual.

Para definir o grau de dispersão de material para cada processo, foi calculado o desvio padrão. Obteve-se para o processo automático um valor de 32,37 kg e 47,72 kg para o processo manual, indicando o processo automático mais próximo da média, ou seja, tem maior regularidade na aplicação. O processo manual obteve um desvio de 47,4% a mais, em relação ao desvio do processo automático.

Comparando os dois métodos com base nesses fatores, a soldagem automatizada teve ampla vantagem em relação à manual, uma vez que obteve uma aplicação 4 vezes mais rápida e, no que se refere à versatilidade, a solda automatizada novamente se sobressaiu, por permitir um controle da velocidade de aplicação, onde apenas alterando os parâmetros de programação do robô, pôde-se trabalhar com tempos de aplicação maiores ou menores, conforme a necessidade. Já na solda manual, não foi possível este tipo de variação, devido ao fato da queima do eletrodo ter um tempo pré-estipulado para que se obtenha a regulagem determinada.

Como referenciado por Martins, Ferreira e Saraiva (2011), o cálculo da produtividade foi realizado através da equação a seguir, e o resultado obtido demonstrado pela Tabela 7. Pôde-se notar a grande diferença entre a produtividade dos dois processos, sendo o processo automático 4,3 vezes maior do que o manual.

$$Produtividade = \frac{Média\ de\ material\ utilizado}{Homem \times Hora}$$

**Tabela 7** - Produtividade dos processos.

	Média de material utilizado (Kg)	Horas	Homem	Produtividade (Kg/H.h)
Automático	1.528,57	240	1	6,37
Manual	1.425,43	240	4	1,48

*Análise financeira*

Para a análise financeira, foram considerados todos os custos dos dois processos avaliados, confrontando os valores anuais de cada processo, com base nos gastos de materiais, equipamentos e mão de obra. Conforme demonstrado nas Tabelas 8 e 9, puderam-se notar as diferenças entre os valores anuais de cada processo. Todavia, um ponto a ser considerado é o custo para demissão de um funcionário, devido ao fato de um alto índice de rotatividade nesta área de trabalho. A tabela foi realizada através dos seguintes cálculos:

I. Para o processo manual foi calculado os custos da mão de obra para cada operador, a locação das fontes de soldas usadas para aplicação do eletrodo e o custo do eletrodo baseado no gasto médio mensal. Lembrando que, o período anual para o consumo do eletrodo revestido equivale ao período de safra (9 meses);

II. Para o processo automático foram considerados os custos da mão de obra do operador do robô, a locação do robô e o arame tubular. Lembrando que, o período anual para o consumo do arame tubular e a locação do robô equivale ao período de safra (9 meses).

**Tabela 8 – Custo Anual - Processo Manual.**

<b>Item</b>	<b>Quantidade Mensal (média)</b>	<b>Valor Unitário</b>	<b>Valor Mensal</b>	<b>Valor Anual</b>
Mão de obra	4 funcionários	R\$ 2.475,38	R\$ 9.901,52	R\$ 118.818,24
Fonte de solda	4 unidades	R\$ 100,00	R\$ 400,00	R\$ 4.800,00
Eletrodo revestido	1.425 Kg	R\$ 13,50	R\$ 19.237,50	R\$ 173.137,50
Conjunto EPI	4 unidades	R\$ 67,25	R\$ 269,00	R\$ 3.228,00
<b>Total</b>				<b>R\$ 299.983,74</b>

**Tabela 9 – Custo Anual – Processo Automático.**

<b>Item</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Valor Unitário</b>	<b>Valor Mensal</b>	<b>Valor Anual</b>
Mão de obra	1 funcionário	R\$ 2.474,38	R\$ 2.475,38	R\$ 29.704,56
Aluguel – Robô	1 unidade	R\$ 10.000,00	R\$ 10.000,00	R\$ 90.000,00
Arame Tubular	1.528 Kg	R\$ 14,00	R\$ 21.392,00	R\$ 192.528,00
Conjunto EPI	1 unidade	R\$ 13,56	R\$ 13,56	R\$ 162,72
<b>Total</b>				<b>R\$ 312.395,28</b>

Entre os dois processos, houve uma diferença a ser considerada no valor total anual de R\$ 12.411,54 a mais para o chapisco automatizado em relação ao manual. No entanto, esse valor equivale a 4,14% de desigualdade financeira dos dois processos, o que é relativamente baixo levando em consideração o valor total anual destas operações. Relacionando o custo da usina, um ponto a ser analisado é o custo total da soldagem que mescla os dois processos, totalizando em um valor anual de R\$ 612.379,02.

Se a usina optasse por utilizar apenas o chapisco automatizado, ela iria precisar de 2 robôs e 2 chapiscadores para operação, considerando os mesmos valores para os materiais e a quantidade média de aplicação, o custo total anual da soldagem de chapisco seria de R\$ 624.790,56.

Uma outra situação seria se a usina optasse pelo processo de chapisco manual, ela necessitaria, em média de 9 operadores, considerando-se o período de férias de cada operador, também seria necessário a locação de 9 fontes de solda, acrescentando o cálculo dos custos de material baseado na aplicação média mensal, o valor total anual do processo manual seria de R\$ 674.963,42.

Aparentemente, o custo do processo automático apresentou ser maior em relação ao manual, mas uma condição a ser adicionada é a perda do material. O processo automático não apresentou perdas, logo, aproveitou todo o material disponibilizado. Já o processo manual, não obteve o mesmo benefício, resultando em 6% de perda, equivalente a 85,50 kg em relação a quantidade de material utilizado no mês. Em tal caso, houve um prejuízo médio anual de

1.026 kg, totalizando R\$ 13.851,00 que, surpreendentemente, é maior do que a diferença calculada entre os dois processos.

Ao atualizar os valores calculados para os processos manuais, inserindo o valor de perda anual, atingiu-se o valor de R\$ 313.834,74 para o processo atual e R\$ 688.814,42 para a hipótese de 9 operadores. Logo, a real diferença entre os processos utilizados na usina foi de R\$ 1.439,46 a mais para o processo manual, uma porcentagem de 0,5%, totalizando R\$ 626.230,02.

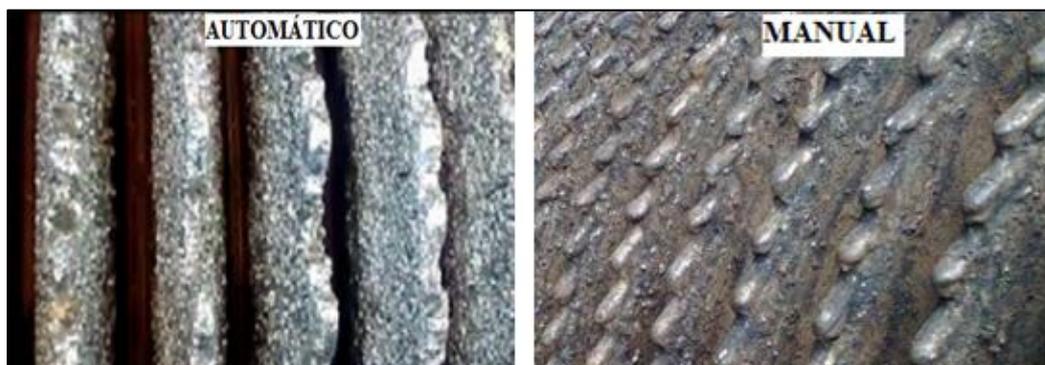
Com base nos cálculos para os processos somente automatizados ou manuais a diferença foi de R\$ 64.023,86 a mais para o processo manual, uma representatividade de aproximadamente 10%, o processo totalmente automatizado obteve o melhor custo benefício comparado a um processo totalmente manual. Puderam-se observar os valores similares entre o processo atual e o totalmente automatizado, sobressaindo uma vantagem ao processo totalmente automatizado.

### *Análise da qualidade*

Os dois processos tiveram resultados similares no que diz respeito à durabilidade, devido à aplicação constante do chapisco, tanto manual quanto automático não se espera o desgaste total dos rolos para reiniciar o processo. No entanto, o processo automático leva vantagem nos quesitos uniformidade, precisão e resistência ao desgaste.

Confrontando os dois processos, relacionado à uniformidade, o automático obteve uma solda mais homogênea por conta dos parâmetros ajustáveis do robô, onde é possível uma aplicação de solda com distâncias mais justas ao corpo (profundidade) do friso, esses mesmos parâmetros não existiram no método manual, porque durante o processo, o operador deve segurar a tocha com as mãos, sendo assim não foi possível a execução com precisão e posições iguais em todos os frisos. Na figura 14, pôde-se notar a diferença das aplicações, onde no modo automático toda a lateral do friso está completamente coberta de chapisco, já o manual, algumas partes não foram preenchidas completamente.

**Figura 14** - Detalhe frisos com chapisco automático e manual. (Fonte: Próprio autor)



Ao avaliar a precisão, o chapisco automatizado obteve uma exatidão notadamente superior ao manual, o robô garantiu que todos os frisos fossem chapiscados da mesma forma, pois em sua configuração possui a programação para fazer todos os frisos existentes no rolo. Entretanto, isso não aconteceu no método manual, devido ao fato dos frisos serem próximos uns dos outros e ficarem submersos no caldo, gerando um problema para a visão do operador, logo, se criou uma oportunidade de se obter equívocos ao deixar um ou mais frisos sem chapisco, ou até mesmo chapiscar um friso mais de uma vez. Como se verificou na Figura 15, o arrasto de bagaço no chapisco automático está igual em todos os frisos, e no manual alguns frisos possuem menos bagaço, ou seja, estão com menos chapisco.

Figura 15 - Detalhe no arrasto de bagaço. (Fonte: Próprio autor)



Ao término da safra os rolos foram examinados para averiguar os desgastes sofridos no decorrer do processo de moagem. Conforme se revelou na Figura 16, quando comparados os rolos onde foram realizados o chapisco manual e o automático, notou-se que os frisos do processo automático mantiveram o perfil mais íntegro, sofreram um pequeno desgaste no picote (crista) e alguns pontos tiveram perda de material no corpo do friso. Já no processo manual, a maioria dos frisos teve perda de material e apenas alguns mantiveram uma parte da crista do friso. Um fato importante observado neste quesito analisado foi que, quanto maior o desgaste dos frisos, pior será sua extração, reduzindo a pressão exercida na cana, assim sendo, o processo automático obteve um melhor resultado.

Figura 16 – Desgaste dos frisos. (Fonte: Próprio autor)



### *Análise de segurança*

Para análise de segurança, foram avaliados os ambientes aos quais os operadores de cada processo estavam expostos, a posição de trabalho e também a motivação dos operadores. Conforme as situações analisadas nas visitas técnicas, em todas as questões citadas referentes à segurança, o processo automático teve uma vantagem bastante superior ao manual.

Com relação ao ambiente, no processo automático o operador permanecia próximo aos rolos de moenda apenas para a montagem do robô no início da soldagem em cada rolo, cerca de 25 minutos, o que totalizou, aproximadamente, 1 hora e 40 minutos por dia. Diferente do operador do chapisco manual que permaneceu 8 horas diárias, aproximadamente, 4,8 vezes mais em comparação com o automático, que como informado anteriormente, esteve exposto a altas temperaturas devido a embebição do bagaço. Os operadores de ambos os processos estiveram em exposição à radiação da solda, tornando o trabalho insalubre, porém, o operador do processo automático esteve exposto por menor tempo.

A ergonomia do operador no chapisco manual durante todo o tempo de aplicação foi um fator crítico, pois sua posição era revezada entre encontra conforto ao permanecer sentado ou em pé. causando uma fadiga, resultando uma perda de produtividade. Entretanto, no processo automatizado, após a montagem e regulagem do robô, o operador pôde se afastar dos rolos, ir para um local mais seguro, ao realizar apenas o acompanhamento da operação.

A motivação dos operadores também esteve relacionada à segurança, pois se tratando de uma operação repetitiva, cansativa e em local inseguro, os operadores muitas vezes desmotivados diminuam sua atenção agravando as possibilidades de quaisquer acidentes de trabalho. Felizmente, durante toda a análise nenhum acidente foi registrado nesta usina, mas ao consultar a usina, caso de acidentes passados foram ocorridos por da falta de atenção. Todavia, como a motivação pessoal do operador é relativa, em constante contato com os mesmos, a preferência foi pelo processo automatizado, devido a todos os pontos levantados no tocante à segurança.

### CONCLUSÃO

Para concluir este trabalho, os pontos analisados do processo automático se sobressaíram obtendo:

I. Uma produtividade de 4,30 vezes maior, 4 vezes mais rápido e não obteve perda de material, ao contrário do manual que perdeu aproximadamente 1.026 Kg de material ao ano;

II. Não houve diferença expressiva entre os processos, porém o processo automático demonstrou uma economia de R\$ 1.439,46 anuais em relação ao processo manual, desmitificando o seu alto custo;

III. O processo automático obteve maior uniformidade, precisão, exatidão, preenchimento completo do chapisco nos frisos, rolo com menor desgaste e maior durabilidade da solda.

IV. Apesar de ambos estarem expostos aos riscos de trabalho, o operador do processo automático não sofreu com o fator de ergonomia e baixa exposição à radiação.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FONTANETTI, C. S.; BUENO, O. C. **Cana-de-açúcar e seus impactos: Uma visão acadêmica.** Bauru: Canal 6, 2017.

GODOY, L.M. **Extração de caldo de cana-de-açúcar com uso de moenda a vapor.** Marília. 2013.

KOHLHEPP, G. Análise da situação da produção de etanol e biodiesel no Brasil. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 24, p. 223-253, 2010. ISSN 68.

LIMA, A. C.; FERRARESI, V. V. F V. F. Desgaste em equipamentos de processamento da cana-de-açúcar. **16 POSMEC – Simpósio de pós-graduação em Engenharia Mecânica**, Uberlândia., 2 a 5 outubro 2006.

LIMA, A. C. **Estudo da aplicação de revestimento duro por soldagem com arames tubulares quanto à resistencia ao desgaste de facas picadoras de cana-de-açúcar.** Uberlândia. 2008.

## TRABALHO DE GRADUAÇÃO – ENGENHARIAS

MAPA. Produção. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**, 13 março 2018. Disponível em: <[http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sustentabilidade/agroenergia/arquivos-producao/copy18\\_of\\_03\\_moagemcanaBR.pdf](http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sustentabilidade/agroenergia/arquivos-producao/copy18_of_03_moagemcanaBR.pdf)>. Acesso em: 18 março 2018.

MARTINS, J. L. F.; FERREIRA, M. L. R.; SARAIVA, J. M. F. Estimativa da produtividade em soldagem pelo método de Monte Carlo. **Soldag.insp.**, Setembro 2011. 204-212.

MURAD, M. D. Q. **Aplicação de chapisco em moenda de cana-de-açúcar com o processo FCAW**. Uberlândia. 2015.

NERIS, M. M. **Soldagem - Eixo Tecnológico: Controle e Processos Industriais**. São Paulo: Centro Paula Souza, 2012.

PEREIRA, Juliano. **Usina Biopav moenda\_9RPM, 02/09**. 2009. (9m28s). Disponível em: <[https://www.youtube.com/watch?v=\\_9bP3U5UYek](https://www.youtube.com/watch?v=_9bP3U5UYek)>. Acesso em: 17 de novembro de 2018.

SCHWARTZ, S. B. **Segredos internos: engenhos e escravos na sociedade colonial**. São Paulo: Companhia das Letras, 1988.

SIMÃO, G.; LORENZON, A. **Notícias Agrícolas**, 23 março 2018. Disponível em: <<https://www.noticiasagricolas.com.br/videos/sucroenergetico/210467-cana-em-sp-e-42-do-valor-da-producao-agropecuaria-e-presente-em-504-cidades-derrubando-a-critica-a.html#.WxGpuu4vzIU>>. Acesso em: 27 maio 2018.

STRESSE, Dérek. Conceito de automação de moenda adotada na Usina Trapiche, com uso da velocidade linear. **Artigos Técnicos - SMAR**, 2011. Disponível em: <<http://www.smar.com/newsletter/marketing/index181.html>>

UNIWELD IND. DE ELETRODOS LTDA. Produtos. **Uniweld**, 2014. Disponível em: <[http://uniweld.com.br/painelctrl/uploads/24610343080904783364\\_ESSEN800.pdf](http://uniweld.com.br/painelctrl/uploads/24610343080904783364_ESSEN800.pdf)>. Acesso em: 01 junho 2018.

WELD VISION. Como definir qual o melhor processo de soldagem. **Weld Vision**, 27 Fevereiro 2016. Disponível em: <<https://www.weldvision.com.br/como-definir-qual-o-melhor-processo-de-soldagem/>>. Acesso em: 01 junho 2018