

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE MECÂNICA
TECNOLOGIA EM MANUTENÇÃO INDUSTRIAL**

**ALLAN SANTOS ALVES
PATRIK ALEXANDRE DOS REIS**

**ESTUDO DO REVESTIMENTO DURO PELO PROCESSO SATG UTILIZANDO A
LIGA DE STELLITE 1 EM FORMA DE PÓ**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**CORNÉLIO PROCÓPIO
2015**

**ALLAN SANTOS ALVES
PATRIK ALEXANDRE DOS REIS**

**ESTUDO DO REVESTIMENTO DURO PELO PROCESSO SATG UTILIZANDO A
LIGA DE STELLITE 1 EM FORMA DE PÓ**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Diplomação, do Curso Superior de Tecnologia em Manutenção Industrial do Departamento Acadêmico de Mecânica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo.

Orientador: Prof. Paulo César Moselli

CORNÉLIO PROCÓPIO

2015

TERMO DE APROVAÇÃO

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Dr. Paulo César Moselli
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Me. Emillyn Ferreira Trevisani Olivio
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Carlos de Nardi
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

CORNÉLIO PROCÓPIO, ____ DE _____ DE 2015.

A Deus, aos nossos pais, familiares, amigos,
Orientador e professores.

AGREDECIMENTOS

Agradecemos primeiramente a Deus, por ter nos dado a vida e a saúde, para realizarmos nossos objetivos. Agradecemos também aos nossos professores pelo conhecimento que nos foi passado, e em especial ao nosso orientador, Paulo César Moselli, e nossa professora Emillyn Ferreira Trevisani Olivio por todo suporte que nos foi concedido durante este trabalho.

Gostaríamos de agradecer a Usina de Açúcar e Alcool Nova América, por ter nos fornecido um facão de sua colheitadeira, e utiliza-lo na colheita, para testar nosso revestimento.

Por fim agradecemos a nossa família e amigos pelo apoio, e companheirismo durante nosso processo de formação.

Que os vossos esforços desafiem as impossibilidades,
lembrai-vos de que as grandes coisas do homem foram
conquistadas do que parecia impossível.

Charles Chaplin

RESUMO

MOSELLI, Paulo C. **Desenvolvimento de dispositivo, adaptado a tocha SATG, para a realização de revestimento duro, utilizando ligas em forma de pó.** 2013. 142 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2013.

Este trabalho tem por objetivo analisar o revestimento de stellite 1, depositado pelo processo de soldagem SATG com alimentação de pó, e verificar o quanto esse revestimento melhora sua resistência ao desgaste, que é responsável por grande parte dos custos financeiros no setor de manutenção de muitas indústrias. Para realizar essa análise foram preparados três corpos de provas de acordo com parâmetros de soldagem pré-estabelecidos e submetidos aos ensaios de microdureza, e microscopia ótica bem como a análise da diluição. As microestruturas obtidas são similares às obtidas por outros processos bem como os resultados de dureza e diluição. Estes resultados mostram que o processo SATG com deposição de ligas em forma de pó, pode ser uma alternativa para realização de revestimentos duros.

Palavras-chave: Stellite1. SATG-Pó. Desgaste.

ABSTRACT

MOSELLI, Paulo C. Development device adapted STAG torch for conducting hard coating by using alloys in powder form. 2013. 142 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2013.

This work aims to analyze the stellite coating 1 deposited by SATG welding process with powder feed, and check how much this coating improves its wear resistance, which is responsible for much of the financial costs in many maintenance sector industries. To accomplish this analysis were prepared three bodies of evidence in accordance with pre-set welding parameters and subjected to hardness tests, and optical microscopy and analysis of dilution. The obtained microstructures are similar to those obtained by other processes as well as the results of hardness and dilution. These results show that the deposition process SATG alloys in powder form, can be an alternative to performing hard coatings.

Keywords: Stellite1. SATG-Powder. Wear.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|---|----|
| FIGURA 1: PARTÍCULA ABRASIVA DESLIZANDO SOBRE UMA SUPERFÍCIE | 12 |
| FIGURA 2: MICROGRAFIA DE UM REVESTIMENTO POR PTA – STELLITE 1 | 13 |
| FIGURA 3: DESENHO ESQUEMÁTICO DO PROCESSO DE SOLDAGEM TIG..... | 14 |
| FIGURA 4: SISTEMA DE ALIMENTAÇÃO AUTOMÁTICO ADP-2 | 15 |
| FIGURA 5: FOTO DO DISPOSITIVO ADAPTADO À TOCHA SATG..... | 16 |
| FIGURA 6: FACA DE PICADOR DE CANA | 16 |
| FIGURA 7: MARTELO DE DESFIBRADOR DE CANA..... | 17 |
| FIGURA 8: FACAS DE PICADOR DE CANA COM REVESTIMENTO..... | 17 |
| FIGURA 9: FACA SEM REVESTIMENTO | 18 |
| FIGURA 10: DESENHO ESQUEMÁTICO COM AS DIMENSÕES DA FACA | 18 |
| FIGURA 11: SUBSTRATO PREPARADO PARA RECEBER O REVESTIMENTO | 19 |
| FIGURA 12: MÁQUINA DE SOLDA IMC INVERSAL 450 | 20 |
| FIGURA 13: MÁQUINA DE JATEAMENTO | 21 |
| FIGURA 14: JATEAMENTO POR GRANALHA..... | 22 |
| FIGURA 15: PROCESSO DE LIXAMENTO..... | 23 |
| FIGURA 16: MÉTODO DE DILUIÇÃO POR PENETRAÇÃO | 23 |
| FIGURA 17: DUROMETRO MICROHARDNESS TESTER MODELO HV-1000B | 24 |
| FIGURA 18: POSICIONAMENTO DA PEÇA NO MICRODURÔMETRO..... | 25 |
| FIGURA 19: FACÃO INSTALADO NA COLHEITADEIRA DE CANA DE AÇÚCAR | 26 |
| FIGURA 20: CORPO DE PROVA 1 | 26 |
| FIGURA 21: CORPO DE PROVA 2 | 27 |
| FIGURA 22: CORPO DE PROVA 3 | 27 |
| FIGURA 23: REVELAÇÃO PEÇA 1..... | 28 |
| FIGURA 24: REVELAÇÃO PEÇA 2..... | 29 |
| FIGURA 25: REVELAÇÃO PEÇA 3..... | 29 |
| FIGURA 26: INTERFACE DO CORPO DE PROVA 1 | 30 |
| FIGURA 27: INTERFACE DO CORPO DE PROVA 2 | 31 |
| FIGURA 28: INTERFACE DO CORPO DE PROVA 3 | 31 |
| FIGURA 29: MICROESTRUTURA AÇO 1020..... | 32 |

SUMÁRIO

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 10 |
| 1.1 | Justificativa | 10 |
| 1.2 | Objetivos | 11 |
| 1.2.1 | Objetivo Geral | 11 |
| 1.2.2 | Objetivos Específicos | 11 |
| 2 | REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 12 |
| 2.1 | Desgaste Abrasivo | 11 |
| 2.2 | Revestimentos contra o desgaste | 11 |
| 2.2.1 | Stellite 1 | 11 |
| 2.3 | Soldagem SATG | 15 |
| 2.3.1 | Soldagem SATG com alimentação de pó | 11 |
| 2.4 | Picador de cana | 11 |
| 2.4.1 | Procedimento atual de recuperação | 11 |
| 3 | MATERIAIS E MÉTODOS | 18 |
| 3.1 | Propriedades do substrato | 18 |
| 3.2 | Preparação do substrato | 19 |
| 3.3 | Parâmetros de soldagem | 19 |
| 3.4 | Preparação dos corpos de provas para caracterização..... | 20 |
| 3.4.1 | Corte e polimento dos corpos de prova, para análise de diluição. | 22 |
| 3.4.2 | Ensaio de microdureza vikers | 24 |
| 4 | RESULTADOS | 26 |
| 4.1 | Deposição e cálculo do rendimento..... | 28 |
| 4.2 | Análises e Ensaios | 26 |
| 4.2.1 | Análise da diluição. | 28 |
| 4.2.2 | Análise de microscopia óptica | 30 |
| 4.2.3 | Perfis de microdureza | 32 |
| 5 | CONCLUSÃO | 34 |
| | REFERÊNCIAS | 35 |

1 INTRODUÇÃO

Atualmente as indústrias vêm se modernizando, e se capacitando cada vez mais para atender a grande demanda do mercado, no entanto com tanta inovação e investimento, ainda existem problemas que geram muito gasto, principalmente no setor de manutenção e reposição de peças e boa parte desses problemas ocorrem devido ao desgaste. Na maioria dos casos, o que mais ocorre na indústria é o desgaste abrasivo que é o desgaste causado por atrito constante entre dois corpos, onde o de maior dureza tende a desgastar o de menor dureza, e acaba se autodesgastando com o tempo. Assim tem-se um comprometimento do tempo de vida útil das peças, o que leva a ter um maior número de manutenções até a troca definitiva, onde a máquina fica em estado ocioso, ou seja, parada sem rendimento ou lucratividade. (FEMEC, 2015).

Com o intuito de diminuir esse desgaste, vem sendo desenvolvidos alguns métodos para combatê-lo, como o endurecimento superficial ou *hardfacing*, onde é depositado por soldagem um material de alta resistência ao desgaste na superfície da peça, como um revestimento onde se agrega as qualidades necessárias, para que a peça possa exercer a função exigida e ter maior vida útil. Deste modo é possível diminuir o número de manutenções, em um determinado período de tempo.

1.1 JUSTIFICATIVA

Os revestimentos metálicos são uma ótima opção para a indústria hoje, por seu poder de transformar um metal com características inferiores em um metal com características superiores e de grande qualidade, e neste estudo foi utilizado o revestimento por Stellite 1, devido suas propriedades mecânicas, destacando-se a alta resistência à abrasão, corrosão e dureza.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Este trabalho visa caracterizar o revestimento do aço estrutural ABNT 1020, com a utilização da liga Stellite 1, pelo processo de soldagem GTAW (TIG), aplicado em um Facão picotador de cana, sobre uma aresta de corte, e verificar se há aumento ou não da vida útil da peça, em comparação ao processo atualmente utilizado.

1.2.2 Objetivos Específicos

Neste estudo será utilizado um método novo de deposição, utilizando uma tocha SATG (GTAW ou TIG) adaptada para usar um consumível em forma de pó, e assim verificar se este método inovador é viável ou não. Se a deposição através da tocha SATG será de maior qualidade que os métodos já utilizados atualmente, e se o custo benefício será viável e acessível.

Além da viabilidade em utilizar este novo método, pretende-se caracterizar os revestimentos realizando os seguintes ensaios:

- Microdureza Vickers
- Diluição
- Análise Macro e Micrográfica

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 DESGASTE ABRASIVO

Segundo Rijeza, (2014), o desgaste em geral ocorre entre superfícies que se atritam a todo momento, onde ocorre a diminuição do volume, tamanho e de peso, ou seja sofre uma degradação enquanto realiza sua função, há diversos tipos de desgastes que ocorrem na área industrial como cavitação, erosão e o mais importante para o estudo o desgaste abrasivo.

Este tipo de desgaste ocorre por meio de partículas abrasivas que entram em contato com outra superfície, essas partículas têm pontas agudas de modo a tornar o desgaste mais eficaz. Como mostra a Figura 1. O material abrasivo tende a ser mais duro que a superfície a qual esta atritando desgastando assim a outra superfície (RIJEZA, 2014).

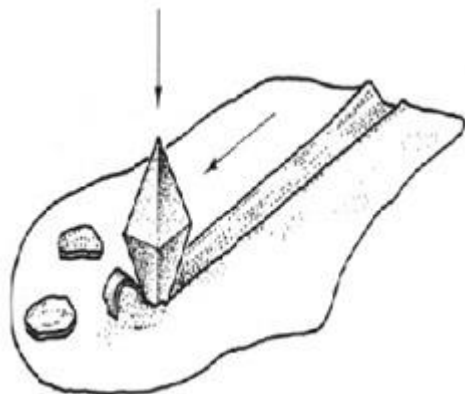


Figura 1: Partícula abrasiva deslizando sobre uma superfície.

Fonte: Rijeza Metalurgia (2014).

2.2 REVESTIMENTOS CONTRA O DESGASTE

Revestimentos são materiais aplicados sobre uma superfície com o intuito de melhorar as características da metal base, como: resistência a corrosão, aumento da

dureza, e o mais importante para este estudo resistência contra o desgaste abrasivo. (RIJEZA, 2014)

Atualmente têm-se alguns tipos de revestimentos como: metálicos, cerâmicos e tintas, que podem ser aplicados por varias técnicas, tais como soldagem, eletrodeposição e pintura. (RIJEZA, 2014)

Como revestimentos metálicos pode-se citar: Carboneto de tungstênio, carboneto de cromo, níquel, aço inox, stellite, entre outros (RIJEZA, 2014). Revestimentos cerâmicos tem-se: óxido de cromo, oxido de alumínio e alumina titânia (RIJEZA, 2014). E as tintas como por exemplo a Epóxi e a LOW-VOC que possuem ótima resistência e dureza (METALICA, 2014).

2.2.1 STELLITE 1

O Stellite 1 é uma liga utilizada para revestimento duro com excelente resistência a abrasão e a corrosão, que consegue reter sua dureza a temperaturas superiores a 760°C. É uma ótima liga que melhora a resistência a erosão, abrasão e corrosão, devido suas excelentes propriedades como dureza entre 550-720 HV, tem como principal elemento químico o Co, possui teores de Cr: de 28-32%, W: de 11-13%, e C: de 2.0-3.0%. (STELLITE, 2015). A Figura 2 mostra a micrografia de um deposito realizado por PTA (Plasma de Arco Transferido) (Yaedu, 2003)

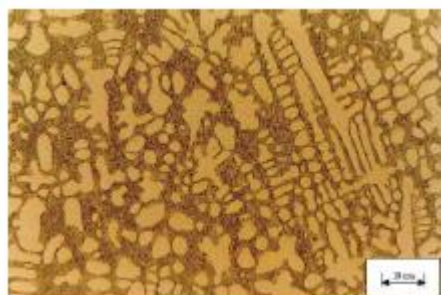


Figura 2 – Micrografia de um revestimento por PTA – Stellite 1

Fonte: MOSELLI (2013)

2.3 SOLDAGEM SATG

A soldagem SATG (SOLDAGEM AO ARCO TUNGSTÊNIO COM ATMOSFERA GASOSA) ou GTAW (GAS TUNGSTEN ARC WELDING) ou TIG (TUNGSTEN INERT GAS), conforme Figura 3, é um processo de soldagem no qual se utiliza um eletrodo sólido de tungstênio não consumível, com uma proteção gasosa inerte formando uma atmosfera que protege a ponta do eletrodo, o arco e área em volta da poça de fusão (SOLDATIG, 2014).

É uma ótima solda, pois não gera escória, respingos ou fumos de soldagem, e possibilita a soldagem de chapas muito finas com um ótimo acabamento. No entanto necessita de uma grande habilidade do soldador, e o processo é lento devido a baixa deposição do material (ESAB, 2014). É muito utilizada para aplicação no alumínio e ligas de aço inoxidáveis onde a integridade da solda é muito importante, sendo também muito utilizada em indústrias nucleares, químicas, aeronáutica e de alimentos (ESAB, 2014).

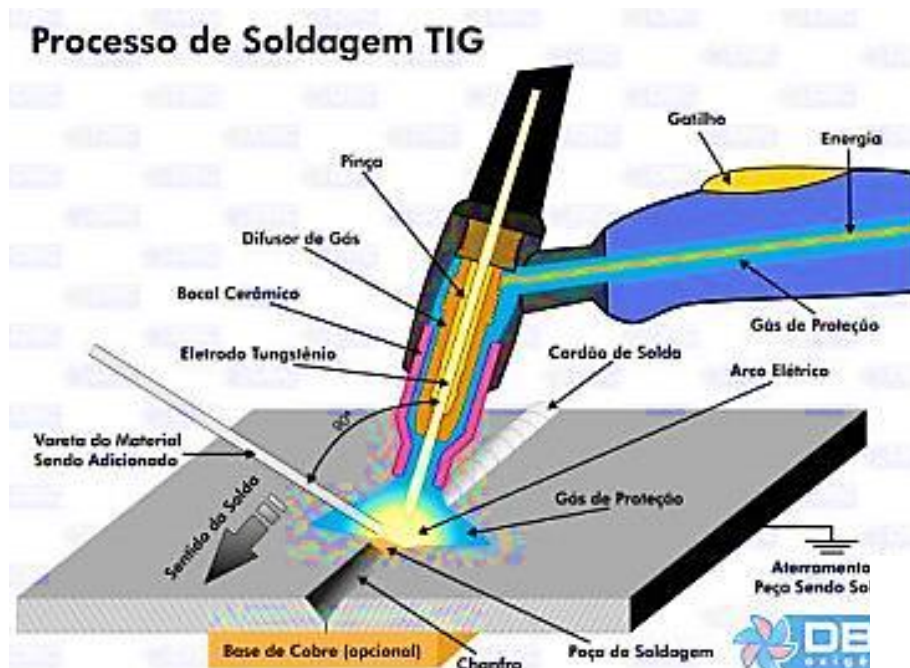


Figura 3: Desenho esquemático do processo de soldagem TIG.

Fonte: SOLDATIG (2014)

2.3.1 SOLDAGEM SATG COM ALIMENTAÇÃO DE PÓ

Moselli, 2013, em sua tese adaptou uma tocha de soldagem TIG com um bocal, projetado e produzido por ele mesmo, capaz de realizar uma solda com alimentação de pó. Para deposição do pó foi utilizado um sistema de alimentação automático, tipo ADP-2, Figura 4, onde o pó é direcionado até uma câmara, por rotações de uma roda dentada, e partir disso é conduzido por um duto de alimentação pelo gás de arraste, até a poça de fusão. Este sistema de alimentação foi fabricado pela IMC Soldagem de Santa Catarina. Esta adaptação, Figura 5, é uma inovação tecnológica muito recente, mas que apresenta ótimas características como: capacidade de produzir revestimentos duros, com uma liga em forma de pó, mantendo um padrão de qualidade, e o custo acessível. (MOSELLI, 2013)



Figura 4: Sistema de alimentação automático ADP-2.

Fonte: MOSELLI (2013)



Figura 5: Foto do dispositivo adaptado à tocha SATG.

Fonte: MOSELLI (2013)

2.4 PICADOR DE CANA

O picador de cana se localiza na parte inferior das máquinas colheitadeiras de cana de açúcar, sendo composto por um ou dois jogos de facas, que tem a função de preparar a cana, cortando-a em pedaços pequenos para ir ao desfibrador. Seu funcionamento é rotativo, de modo que as facas oscilem, e trabalha a uma velocidade periférica de 60m/s, Figura 6. (DJS, 2015)

O desfibrador, Figura 7, tem um mecanismo parecido, sendo que as facas dão lugar a martelos, que tem o objetivo de abrir a célula da cana, para que seja mais fácil a extração do caldo quando for para a moenda, e trabalha a uma velocidade periférica de 60m/s a 90m/s. (DJS, 2015)



Figura 6: Faca de picador de cana.

Fonte: DJS (2015)



Figura 7: Martelo de desfibrador de cana.

Fonte: DJS (2015)

2.4.1 PROCEDIMENTO ATUAL DE RECUPERAÇÃO

A faca tem um formato retangular e arestas de corte, que quando exercem sua função vem se desgastando, com o tempo arredondando suas arestas e perdendo o corte, assim o procedimento atual de recuperação é preencher, de acordo com a Figura 8, com solda de eletrodo revestido (ER) e GMAW (Gas Metal Arc Welding) ou (MIG/MAG), o local desgastado.



Figura 8: Facas de picador de cana com revestimento.

Fonte: DJS (2015)

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 PROPRIEDADES DO SUBSTRATO

O substrato utilizado, Figura 9 e 10, foi uma faca de picador de cana, feita de aço SAE 1020, que tem como características e propriedades mecânicas: baixa temperabilidade e usinabilidade, boa forjabilidade e soldabilidade.



Figura 9: Faca sem revestimento.

Fonte: Autoria própria.

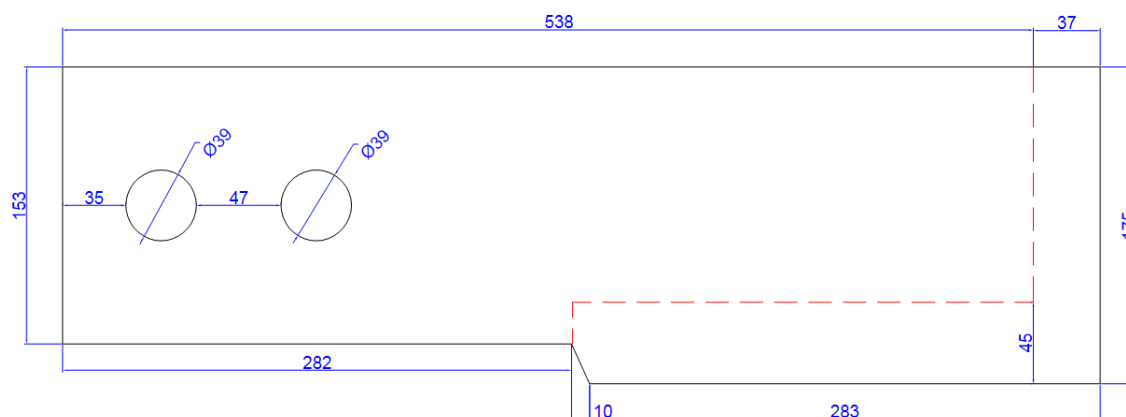


Figura 10: Desenho esquemático com as dimensões da faca.

Fonte: Autoria própria.

O tracejado da Figura 10 representa o início de um baixo relevo até as extremidades da peça, indicando as arestas de corte, e o local onde será feito o revestimento.

3.2 PREPARAÇÃO DO SUBSTRATO

Para iniciar o revestimento, foi preciso preparar a peça para recebê-lo, assim suas extremidades de corte foram esmirilhadas, de ambos os lados, deixando-os sem resíduos que pudessem contaminar a solda, Figura 11.



Figura 11: Substrato preparado para receber o revestimento.

Fonte: Autoria própria.

Nota-se que as arestas de corte estão limpas, livres de resíduos, e prontas para o início do processo de revestimento.

3.3 PARÂMETROS DE SOLDAGEM

Para dar início ao processo, foi necessário acoplar a tocha em um Tartílope modelo V2, que é um sistema automático de deslocamento de tocha em dois eixos, a velocidade utilizada foi 12 cm/min. A máquina de solda utilizada foi a IMC Inversal 450, Figura 12, que foi regulada com uma corrente de 150 amperes e tensão de 22 volts. O gás utilizado foi o argônio, sendo 2 l/min para gás de arraste e 10 l/min para gás de proteção da poça de fusão.



Figura 12: Máquina de solda IMC Inversal 450

Fonte: Autoria própria.

Para iniciar a soldagem o bico da tocha tem de estar 13 mm acima do substrato, e alinhado corretamente para obter um cordão retilíneo. Estes parâmetros estão representados na Tabela 1.

Tabela 1: Parâmetros de soldagem utilizados

| Parâmetros | Valores |
|--|----------------|
| Corrente de soldagem | 150 A |
| Velocidade de soldagem | 12 cm/min |
| Vazão gas de arraste | 2 L/min |
| Vazão gas de proteção | 10 L/min |
| Distancia do eletrodo ao metal de base | 13 mm |
| Taxa de deposição de pó | 10,07 g/min |

TABELA 1: PARÂMETROS DE SOLDAGEM

FONTE: AUTORIA PRÓPRIA

3.4 PREPARAÇÃO DOS CORPOS DE PROVAS PARA CARACTERIZAÇÃO

Para confeccionar os corpos de prova, foi utilizada uma barra de aço 1020, que foi cortada em uma serra industrial, em três partes com 140mm de comprimento, 63.5mm de largura, e 12.7mm de espessura cada. Para limpar os corpos de prova, eles foram submetidos a um jateamento abrasivo de granalha, e uma leve passada de esmeril, para evitar contaminações na solda, de acordo com as Figuras 13 e 14.



Figura 13: Máquina de jateamento.

Fonte: Autoria própria.



Figura 14: Jateamento por granalha.

Fonte: Autoria própria.

Antes de iniciar a deposição, foram pesados todos os corpos de prova, para posteriormente ser realizada análise do tempo de deposição para cada cordão, e a taxa de rendimento de cada um.

3.4.1 CORTE E POLIMENTO DOS CORPOS DE PROVA, PARA ANÁLISE DE DILUIÇÃO

As metalografias foram realizadas, de acordo com os procedimentos padrões de preparação metalográfica. As amostras foram obtidas através do corte transversal dos revestimentos, em cortadora de amostras metalográficas, modelo COR-40, marca Arotec. Cada amostra passou pelo lixamento, com lixas de grana 220, 320, 400, 600 e 1200 mesh, sendo que o procedimento iniciava com a lixa de menor grana e terminava com a de maior grana, seguido de polimento, com alumina nº 4. A Figura 15 mostra a lixadeira automática, modelo ApL-4D, da marca Arotec, do Laboratório de Materiais da UTFPR – Câmpus Cornélio Procópio.



Figura 15: Processo de Lixamento

Fonte: Autoria própria.

As peças estando devidamente polidas passaram por uma solução reveladora, a base de 15 ml H₂O, 15 ml HNO₃, 15 ml CH₃COOH e 60 ml HCl, por aproximadamente um minuto. Tornando possível verificar a diluição do revestimento no substrato por meio do método de cálculo da diluição por penetração, como mostra a Figura 16.

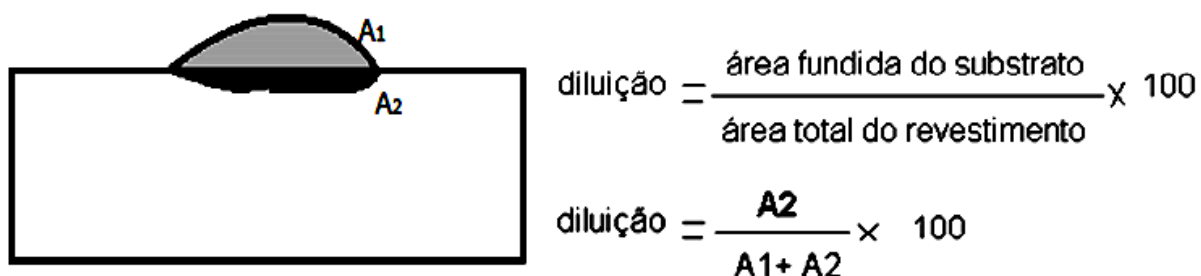


Figura 16: Método de diluição por penetração.

Fonte: MOSELLI (2013).

A diluição é um dos parâmetros fundamentais que caracterizam a microestrutura de um revestimento, bem como, o seu comportamento em serviço,

pois tem relação direta com as alterações da composição química nominal da liga depositada que, por consequência, altera suas propriedades mecânicas.

3.4.2 ENSAIO DE MICRODUREZA VIKERS

Os corpos de provas foram submetidos ao ensaio de Microdureza Vickers realizado em um Microdurômetro da marca Microhardness Tester modelo HV-1000B, Figura 17, do Laboratório de Materiais da UTFPR – Câmpus Cornélio Procópio. A carga utilizada no ensaio de microdureza Vickers foi de 500 g (HV 0,5).



Figura 17: Durometro Microhardness Tester modelo HV-1000B

Fonte: A autoria própria.

O perfil de microdureza determina a dureza, ao longo da secção transversal do revestimento, possibilitando uma comparação sobre a influência dos parâmetros de cada processamento, com os resultados da diluição e de dureza (Moselli, 2013). Os perfis de microdureza foram medidos, na região central da seção transversal da amostra, como mostra a Figura 18.

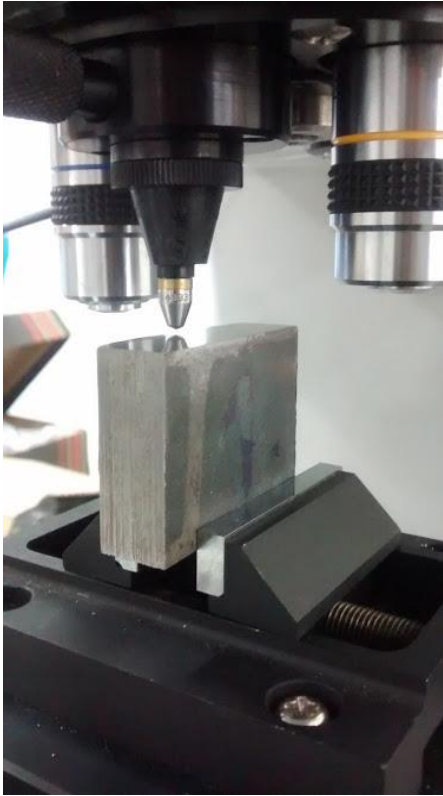


Figura 18: Posicionamento da peça no microdurômetro

Fonte: Autoria própria.

Com a focalização do sistema ótico do microdurômetro, na superfície externa do revestimento, desloca-se 125 μm para a indentação da primeira impressão da primeira coluna de impressões. Depois, foram realizados avanços de 250 μm em direção ao substrato, para execução das impressões subseqüentes, até ter-se alcançado, ao longo da direção de avanço, valores iguais de dureza, já no substrato.

4 RESULTADOS

4.1 DEPOSIÇÃO E CÁLCULO DO RENDIMENTO

Após a realização do revestimento da faca, a mesma foi devolvida para a usina, e colocada em operação, como mostra a Figura 19.



Figura 19: Facão instalado na colheitadeira de cana de açúcar.

Fonte: Autoria própria.

Abaixo segue as Figuras 20, 21 e 22 que mostram os corpos de prova, pós-solda.

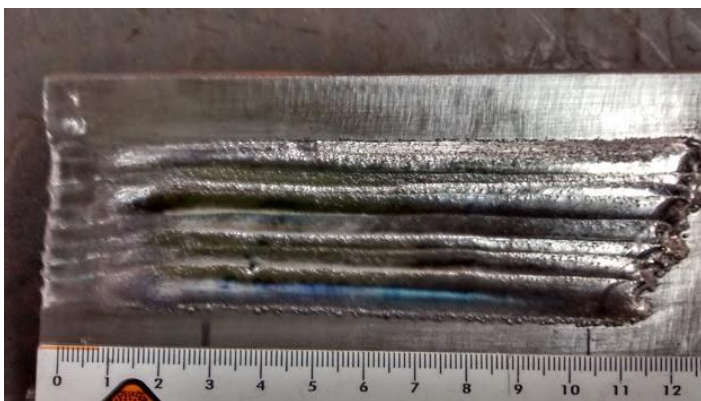


Figura 20: Corpo de prova 1.

Fonte: Autoria própria.

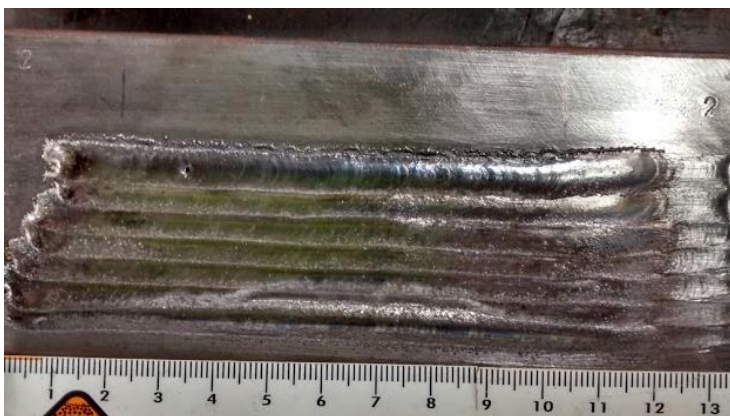


Figura 21: Corpo de prova 2

Fonte: Autoria própria.

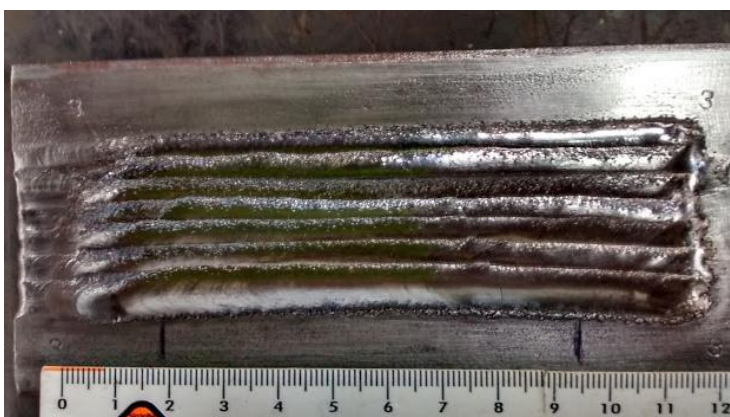


Figura 22: Corpo de prova 3

Fonte: Autoria própria.

Concluídas as deposições tem-se os rendimentos e perdas das soldas, conforme Tabela 2 abaixo:

Tabela 2 – Rendimento e perdas das deposições

| Corpo de prova | A1 | A2 | A3 |
|-------------------------------|-------------|-----|-----|
| Taxa média de deposição | 10,07 g/min | | |
| Rendimento | 52% | 56% | 96% |
| Perda de material não fundido | 10 g | | |

Tabela 2: Rendimento e Perdas das deposições.

Fonte: Autoria própria.

Pode-se notar que o rendimento dos corpos de prova 1 e 2 foi muito abaixo da media, devido a problemas de deposição, que pode ter sido causado pelo alimentador, ou por alguma sujeira no bocal impedindo que passasse 100% do pó pelos furos.

4.2 ANÁLISES E ENSAIOS

4.2.1 ANÁLISE DA DILUIÇÃO

Com a solução reveladora aplicada se pode analisar a diluição, pois as faces de cada peça ficaram nítidas destacando a área fundida do substrato, e a área total do revestimento, como mostram as Figuras 23, 24 e 25.

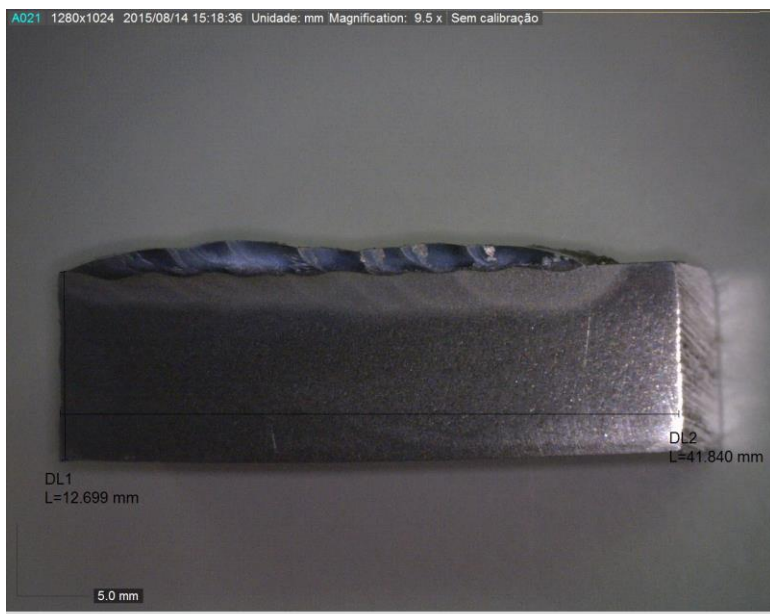


Figura 23: Revelação Peça 1

Fonte: Autoria própria.

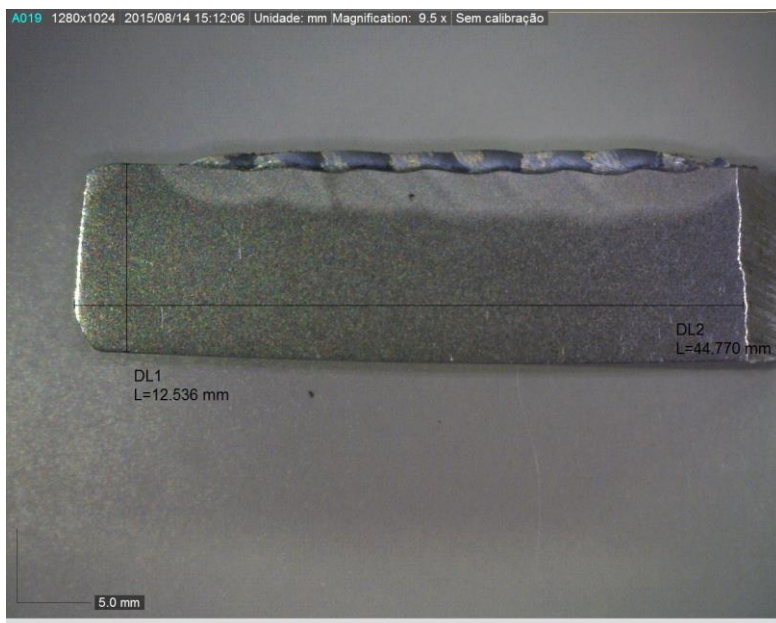


Figura 24: Revelação Peça 2

Fonte: Autoria própria.

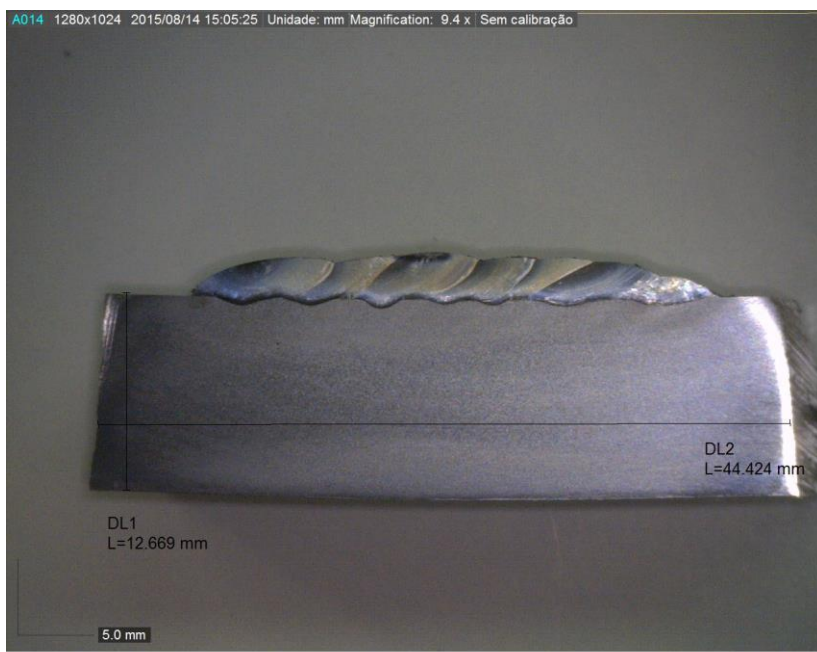


Figura 25: Revelação Peça 3

Fonte: Autoria própria.

A partir dessas imagens, utilizando um software específico, foi possível calcular a diluição de cada corpo de prova. A Tabela 3 apresenta os resultados obtidos.

Tabela 3 – Resultado da análise da diluição

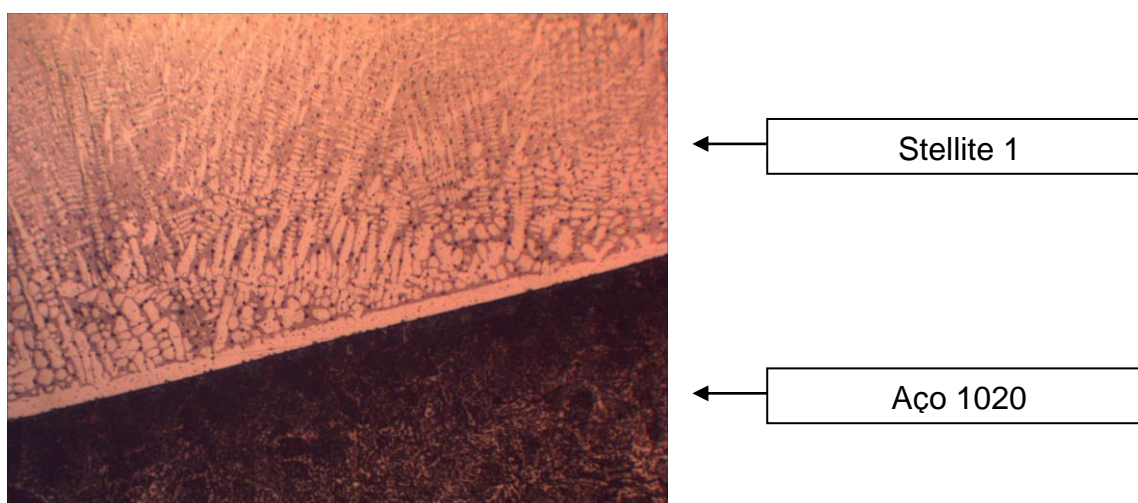
| | Peça 1 | Peça 2 | Peça 3 |
|----------|--------|--------|--------|
| Diluição | 30,8% | 39% | 20% |

Tabela 3: Resultados da análise de diluição.**Fonte: Autoria própria.**

Analisando os resultados da diluição, pode-se relacioná-los ao problema da taxa de deposição, relatados anteriormente, em que um melhor rendimento desta taxa proporcionou uma menor diluição. Esta observação está de acordo com o verificado na literatura, ou seja, quanto maior a taxa de deposição, para um mesmo patamar de energia, menor a diluição (YAEDU, 2003).

4.2.2 Análise de Microscopia Óptica

Neste ensaio utiliza-se o microscópio óptico, para analisar as microestruturas dos corpos de provas, como mostram as Figuras 26, 27, 28 e 29. Nota-se a claramente diferença entre as microestruturas do revestimento e do material de base através da organização dos grãos observados na interface do revestimento. Todas as microestruturas da liga Stellite1 apresentam similaridades com as da literatura (YAEDU, 2003).

**Figura 26: Interface do corpo de prova 1****Fonte: Autoria própria.**

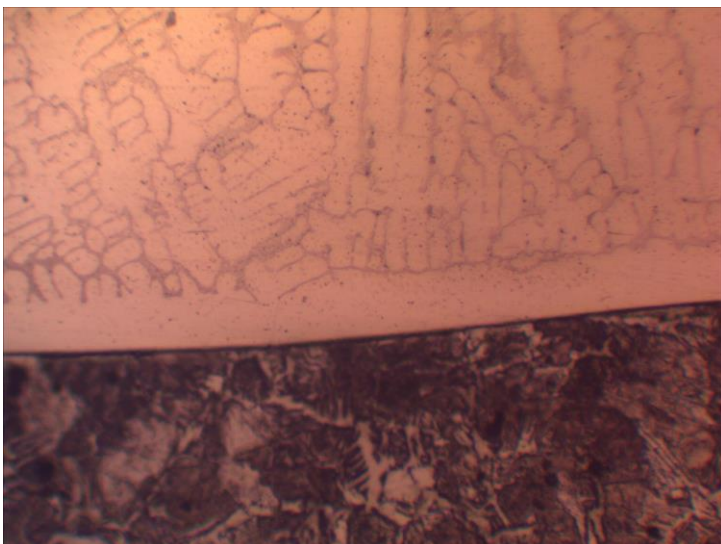


Figura 27: Interface do corpo de prova 2

Fonte: Autoria própria.

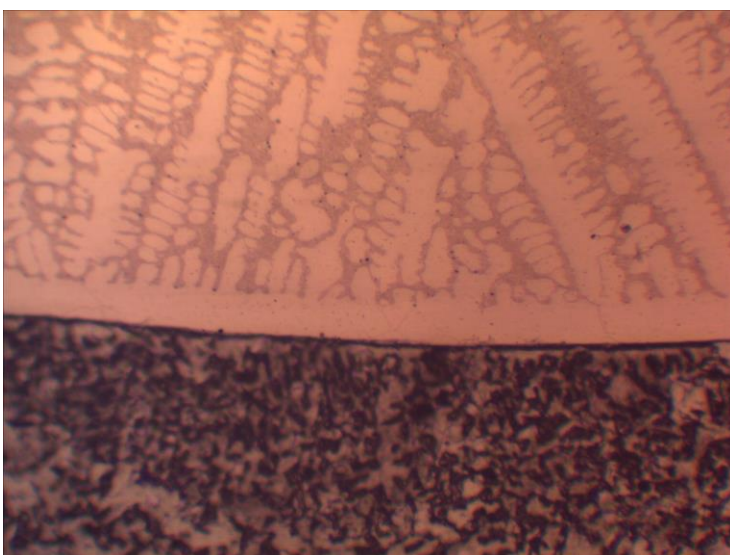


Figura 28: Interface do corpo de prova 3

Fonte: Autoria própria.

Na Figura 29 pode-se ver a organização dos grãos do aço 1020 eles são maiores e há uma distância maior entre um grão e outro o que torna – o um aço de menor dureza.

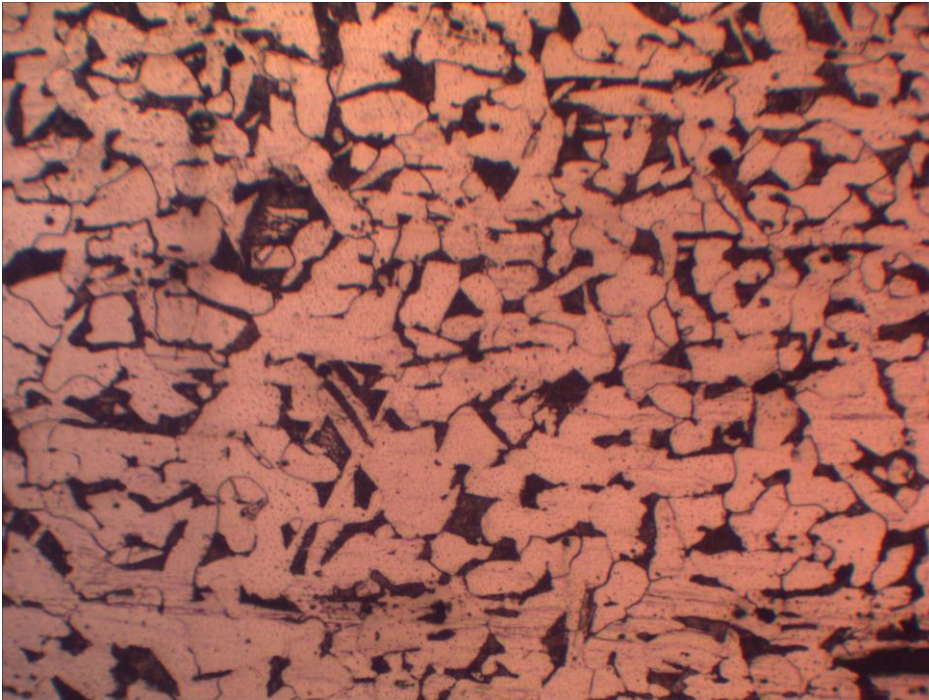


Figura 29: Microestrutura aço 1020.

Fonte: Autoria própria.

4.2.3 Perfis de Microdureza

Observando o Gráfico 1, nota-se que os 3 corpos de prova não tiveram comportamento semelhantes nos valores de dureza. O corpo de prova 3 obteve maiores valores de dureza enquanto o corpo de prova 1 as menores durezas. Esses resultados podem ser explicados pelo resultado da análise da diluição, pois o corpo de prova 3 obteve o menor valor da diluição, deixando o revestimento com uma composição química mais próxima da liga depositada. Outro fato que poderia ser levado em consideração, mas não foi o foco de estudo neste trabalho, seria a correlação da dureza com o aporte térmico. Foi utilizado o mesmo aporte térmico para as 3 amostras, que provocou uma maior diluição do metal base nos rendimentos menores.

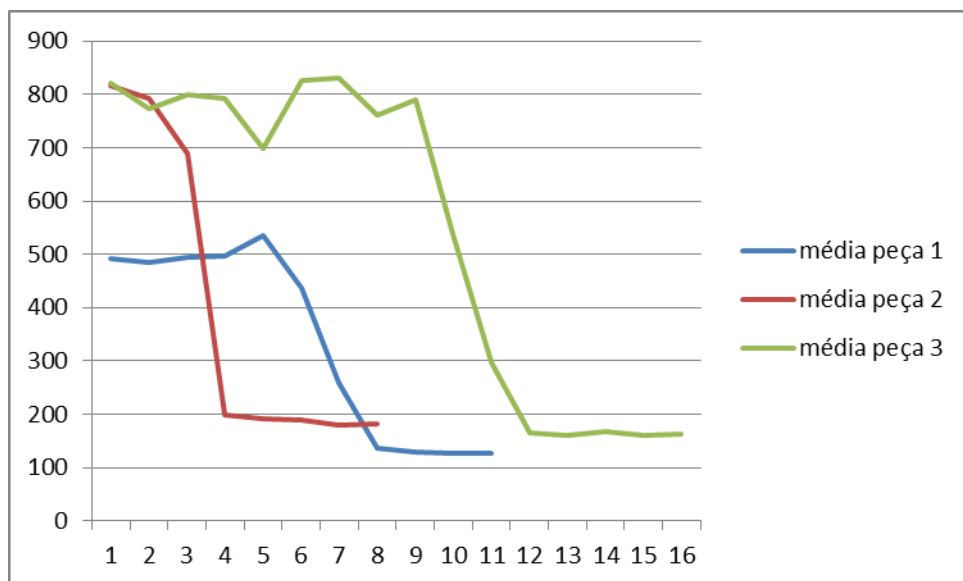


Gráfico 1: Gráfico com as médias das medições

Fonte: Autoria própria.

Pode-se concluir que o revestimento Stellite 1 possui grande dureza, e quanto mais perto vai chegando da ZTA, a dureza vai diminuindo, e quando chegamos no substrato ela cai.

5 CONCLUSÃO

Através dos resultados dos ensaios pode-se concluir que os revestimentos depositados nos corpos de prova 1, 2 e 3, com a liga Stellite 1 obtiveram os resultados esperados, ou seja, micrografia semelhantes as da literatura, bem como altos valores de dureza.

Estes resultados reforçam que o dispositivo utilizado para realização de revestimentos duros com ligas em forma de pó, pelo processo SATG, é uma alternativa para as indústrias que trabalham nesta área.

Já no facão do picador revestido com o Stellite 1, não se tem resultados concretos, pois ele foi enviado ao campo para ser testado no processo de colheita de cana-de-açúcar, para a realização da comparação de sua durabilidade em relação aos outros picadores convencionais.

Os resultados parciais obtidos durante o processo de soldagem no facão não foram os esperados, pois, o tempo para realização do revestimento foi muito superior ao estimado. Tal fato se deve ao formato da área revestida não apresentar uma geometria que facilitasse a deposição, necessitando que após cada cordão depositado, se reposicionasse a tocha para realização de novo passe, além do aparecimento de trincas devido a diferença de temperatura do ponto inicial e do ponto final do percurso do processo de soldagem, sendo assim inviável para este estudo.

REFERÊNCIAS

CHARLES CHAPLIN. Disponível em: < <http://kdfrases.com/frase/97316> >. Acesso em: 06 de dezembro de 2015.

ENSAIOS DE DUREZA VICKERS, BRINELL E MICRODUREZA – ENSAIO DE TRAÇÃO E ENSAIO JOMINY. Disponível em: < <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAe6g0AH/ensaios-dureza-vickers-brinell-microdureza-ensaiod-tracao-ensaio-jominy?part=2>> Acesso em: 22 de Outubro de 2014.

DJS EQUIPAMENTOS INDÚSTRIAS. **Facas para picador**. Disponível em: < http://www.djsequipamentosindustriais.com.br/produtos_facas_picador.html>. Acesso em: 27 de abril de 2015.

DJS EQUIPAMENTOS INDÚSTRIAS. **Martelos para desfibrador**. Disponível em: < http://www.djsequipamentosindustriais.com.br/produtos_martelo_desfibrador.html >. Acesso em: 27 de abril de 2015.

ESAB. **Processo de soldagem - TIG (GTAW)**. Disponível em: < http://www.esab.com.br/br/pt/education/blog/processo_soldagem_tig_gtaw.cfm > Acesso em: 06 de Outubro de 2014.

FEMEC. **Desgaste em equipamentos de processamento da cana-deaçúcar em destilaria de álcool**. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/PM1692_000fxg23qv402wyiv80soht9hrcsev2d.pdf>. Acesso em: 27 de abril de 2015.

LIMA, Aldemi C.; FERRARESI, Valtair A. **Análise da microestrutura e da resistência ao desgaste de revestimento duro utilizado pela indústria sucroalcooleira.** Centro Federal de Educação Tecnológica de Goiás, CEFET-GO, 2009, Goiânia, Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0104-92242009000200006&script=sci_arttext> Acesso em: 06 de Outubro de 2014.

MOSELLI, Paulo C. **Desenvolvimento de dispositivo, adaptado a tocha SATG, para a realização de revestimento duro, utilizando ligas em forma de pó.** 2013. 142 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2013.

PORTAL METALICA. **As tintas na proteção anticorrosiva.** Disponível em: <<http://www.metlica.com.br/as-tintas-na-protecao-anticorrosiva>> Acesso em: 06 de Outubro de 2014.

RIJEZA MATALURGIA. **Revestimentos contra desgaste.** Disponível em: <<http://www.rijeza.com.br/revestimentos>> Acesso em: 06 de Outubro de 2014.

RIJEZA MATALURGIA. **Mecanismos de desgaste.** Disponível em <<http://www.rijeza.com.br/espaco-academico/artigos-tecnicos/mecanismos-de-desgaste>> Acesso em 05 de Outubro de 2014.

SOLDATIG. **Processo de soldagem TIG.** Disponível em: <http://soldatig.org/processo_TIG_o_que_e.htm> Acesso em: 06 de Outubro de 2014.

STELLITE. Disponível em: <<http://www.stellite.com/Portals/0/HARDFACING%20ALLOYS%20PORTUGESE.pdf>>. Acesso em: 27 de abril de 2015.

YAEDU, A.E. (2003). **Influência do substrato na deposição de stellite 1 com Plasma de Arco Transferido**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2003.