

ESTUDO DA QUALIDADE DO CORTE A PLASMA AUTOMATIZADO EM CHAPAS DE AÇO A36

Juan Carlos Assis da Silva, juansilvarj10@gmail.com¹

Vinícius Gomes Pereira Siston, viniciusgpsiston1@gmail.com¹

Guilherme Amaral do Prado Campos, gcampos.cefet@gmail.com¹

Adriane Lopes Mougo, adriane.mougo@gmail.com¹

¹Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, Campus Nova Iguaçu, RJ, Brasil

Resumo: O corte em chapas metálicas é de muita importância para diversas aplicações da indústria. Sua precisão e qualidade dependem principalmente da boa execução da trajetória de corte e de sua respectiva velocidade, assim como o ajuste da ferramenta que o realizará. Neste trabalho desenvolve-se um mecanismo, que adaptado a uma ferramenta de corte a plasma manual, realiza o controle automático de seu acionamento e posicionamento, e verifica-se a qualidade do corte através da formação de rebarbas para diferentes velocidades e alturas de corte. Os resultados demonstram os parâmetros e ajustes para cortes mais precisos.

Palavras-chave: Corte a plasma, processo manual, acionamento automático, formação de rebarba.

1. INTRODUÇÃO

O corte a plasma foi introduzido em 1955, na substituição de outros processos como corte por serra, prensa, tesouras e corte com chama e adição de pós, particularmente para metais não ferrosos e aços inoxidáveis, segundo Modenesi *et al.* (2005).

O processo de corte a plasma consiste em fundir o metal criando uma fresta ou abertura e baseia-se inicialmente em provocar, numa coluna de gás, com o auxílio de um arco elétrico, o aumento de sua temperatura, o suficiente para que os impactos entre as moléculas de gás provoquem entre si certo grau de dissociação e ionização. O gás ionizado é forçado a passar através de um orifício de parede fria e esta repentina mudança provoca um grande gradiente térmico entre o centro da coluna de gás e a periferia, que está em contato com a parede de cobre, fazendo com que a densidade no centro da coluna diminua, favorecendo os elétrons adquirirem energia suficiente para provocar a ionização de outros átomos. Este efeito eleva de maneira sensível o grau de ionização da coluna do arco e sua temperatura, possibilitando o aumento da taxa de energia transferida para a peça, sendo o aumento da velocidade do plasma (coluna de gás ionizado) consequência direta da constrição segundo, Wainer *et al.* (1992).

O arco por plasma do processo de corte é uma extensão do processo TIG de soldagem. No segundo, o arco assume forma aproximada de um cone, produzindo uma região relativamente grande da zona aquecida pelo arco. A área da base do cone que se projeta sobre a superfície da peça varia com a distância da tocha à peça (comprimento do arco); por tanto pequenas mudanças no comprimento do arco, produzem variações relativamente grandes na taxa de calor transferida para a peça, por unidade de área. Entretanto no primeiro processo, o arco é colimado e focalizado pelo bocal de constrição e se projeta em uma área relativamente pequena sobre a peça. A coluna do arco que emerge do bocal pode ser considerada, com boa aproximação, um cilindro, e praticamente não ocorre variação da área projetada pelo arco com a variação dentro de certos limites do comprimento do arco, segundo Wainer *et al.* (1992).

Os processos com arco, diferente dos demais processos de corte, utilizam uma fonte de calor mais intensa, reduzindo assim, a zona afetada pelo calor e proporcionando um resfriamento mais rápido, segundo Askeland and Phulé (2008). Porém, a velocidade com que a ferramenta de corte executa sua trajetória sobre a peça influencia no tempo de exposição da peça ao calor intenso, o que pode aumentar a zona afetada pelo calor.

A qualidade da superfície cortada por plasma é função dos ajustes e dos parâmetros de corte como a altura do bocal até a superfície da peça, o ângulo de inclinação da tocha, a velocidade de corte, o fluxo de gás e a habilidade do operador. No corte automático a atuação do operador fica restrita ao posicionamento da tocha em relação à peça e ao acionamento do gatilho. As peças cortadas à plasma podem ser utilizadas prontamente após o corte ou soldadas para obtenção de produtos finais. Independente da utilização, é importante que as superfícies geradas sejam livres de discontinuidades para evitar a necessidade de uma operação secundária de limpeza, como usinagem ou lixamento. As principais discontinuidades macroscópicas possíveis de ocorrer no corte a plasma são apresentadas na Figura (1).

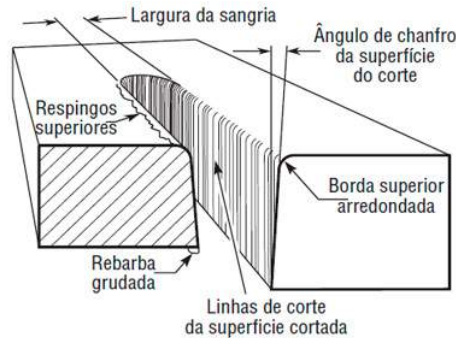


Figura 1: **Descontinuidades macroscópicas geradas a partir do corte à plasma.**

Segundo Colt (2015) a superfície pode apresentar linhas de corte direcionadas no sentido vertical de fluxo do plasma, gerando faces lisas ou mais rugosas. O ângulo de chanfro é aquele formado entre a superfície da face e um plano perpendicular à superfície de corte. Se o objetivo não é criar chanfros para posterior soldagem, o ideal é que este ângulo de chanfro seja de 0° . Outras possibilidades são o arredondamento da aresta superior, refundição de um volume de material na aresta inferior (rebarbas) e respingo de material a partir da aresta superior. Por fim, outra característica importante é a largura da sangria. Se a superfície for livre de descontinuidades, o corte pode alcançar as dimensões finais da peça. Caso contrário, é necessário fornecer uma margem de segurança para operações secundárias posteriores.

Além dos parâmetros de corte, outros fatores podem comprometer a qualidade do corte a plasma. Um destes fatores é a possibilidade de desvio do jato de plasma ocasionado pelo sopro magnético. Segundo Modenesi *et al.* (2005) o campo magnético induzido pela corrente tende a se distribuir uniformemente em torno do arco. Quando esta distribuição é perturbada, levando a uma maior concentração do campo magnético em um dos lados do arco, as forças magnéticas, que antes geravam o movimento de gases apenas no sentido do eixo do arco, passam a possuir uma componente transversal que tende a empurrar lateralmente o arco. Como resultado a arco passa a defletir lateralmente, tendo este efeito a aparência similar de um leve sopro sobre a chama de uma vela.

O sopro magnético é um fenômeno comum em processos de corte e de soldagem a arco elétrico. Na soldagem, o sopro magnético pode causar principalmente a deposição irregular do cordão de solda e a falta de fusão em uma de suas extremidades segundo HORI *et al.* (2003), Jones (February 1995), Lee *et al.* (2015) e Yamaguchi *et al.* (2015). No corte a plasma, a ocorrência deste sopro pode gerar o corte assimétrico e a formação de respingos e rebarbas nas superfícies cortadas segundo Kumar *et al.* (2012) e Kumar *et al.* (2010). Yamaguchi *et al.* (2015) apresentaram uma investigação experimental da ocorrência do sopro magnético no corte a plasma, pois o jato de plasma defletido afeta a qualidade de corte, causando danos ao eletrodo e ao bocal por causa da descarga anormal do arco duplo. Os autores concluíram que a diminuição da corrente e o aumento do fluxo de gás tendem a suprimir esta deflexão do arco.

Neste trabalho será realizada a análise da qualidade de corte em chapas de aço A36, conforme a Norma A 36/A 36M – 97ae1 (1999), para dois parâmetros de entrada: comprimento do arco e velocidade de corte. O corte automatizado é realizado através do acoplamento de uma tocha de plasma manual a um carrinho sobre trilhos com ajuste de velocidade e do desenvolvimento de um mecanismo de acionamento automático da tocha, composto por um sistema pneumático. Os resultados da formação da rebarba serão investigados por análise de variância e será determinada a condição ótima de corte.

2. MATERIAIS E EQUIPAMENTOS

Os recursos e especificações utilizados para a execução dos procedimentos experimentais estão descritos nesta seção.

2.1 Material Analisado

O material utilizado neste trabalho é o aço ASTM A36, de média resistência mecânica e bastante utilizado em componentes estruturais de pontes, edifícios, galpões, máquinas agrícolas e implementos rodoviários. A composição química das chapas é apresentada na Tabela 1, assim como as características mecânicas na Tabela 2. As dimensões dos corpos de prova foram padronizadas em 100 mm x 300mm x 4,28 mm. A espessura média da chapa de 4,28 mm foi obtida a partir de 3 medidas tomadas ao longo de seu comprimento.

Tabela 1: **Composição química**

Elementos	C	P	S	Si	Cu
Max(%)	0.25	0.04	0.05	0.40	0.20

Tabela 2: **Características Mecânicas ASTM A36**

Resistência à Tração (Mpa)	Tensão de Escoamento (Mpa)	Alongamento (%)
400 a 550	250	20

2.2 Equipamentos

Para automatizar o corte, foi desenvolvido neste trabalho o acionamento automático à distância para evitar qualquer contato manual do operador e, por consequência, preservar sua integridade física. A Tabela 3 apresenta os parâmetros de corte utilizados nesta etapa.

Tabela 3: **Parâmetros da ferramenta de corte a plasma.**

Parâmetros de corte	Valores
Corrente (A)	65
Pressão de trabalho (bar)	6
Diâmetro do orifício (mm)	1.9

Os equipamentos utilizados foram:

- Tocha do tipo ERGOCUT S75, comprimento e altura máximos de 6 e 1 metros, respectivamente, consumo de ar de 150 l/min, pressão do ar de 6 bar e ciclo de trabalho de 60% e 100% para 70 A e 50 A, respectivamente, Figura 2;

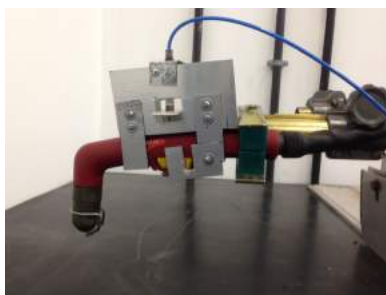


Figura 2: **Equipamento de corte a plasma Smart Cut 75 adaptado para acionamento automático (FONTE: Próprio autor).**

- Equipamento de corte a plasma Smart Cut 75, corrente de corte de 25 – 75 A e espessura máxima de corte de 25 mm, Figura 3;



Figura 3: **Fonte de energia (FONTE: Próprio autor).**

- Máquina de corte MC-46 com corpo inteiramente fundido em liga de alumínio de grande resistência e durabilidade, com a vantagem de ser leve e à prova de corrosão. Possui capacidade de corte de 5 a 200 mm, ângulo de inclinação do maçarico entre 0° e 45° e velocidade de corte entre 100 e 1000 mm/min, Figura 4;



Figura 4: **Carro sobre trilhos da máquina de corte MC-46 utilizada para a execução da trajetória.**

- Suprimento de ar: lubrificador com conexões à pistola e ao mecanismo de automatização, Figura 5).



Figura 5: Suprimento de ar (FONTE: Próprio autor).

3. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Os procedimentos executados foram planejados em padrões repetidos em todos os testes para garantir que apenas as variáveis estudadas influenciassem no resultado final. Nesta seção é descrito a sequência do experimento realizado.

Nesta etapa o planejamento experimental foi desenvolvido com o objetivo principal de verificar a formação da rebarba considerando os parâmetros de corte. Deste modo, será realizada a análise de variância para verificar se existe uma diferença significativa entre as médias de uma variável de saída com a variação de uma ou mais variáveis de entrada. No caso deste trabalho, a variável de saída é a altura da rebarba de topo gerada na aresta de corte e as variáveis de entrada são a altura de corte, formada entre o bocal e a superfície do corpo de prova, e a velocidade de corte. Serão utilizados dois níveis para cada parâmetro de entrada. Deste modo, tem-se o modelo chamado de Two-Factor Factorial Design. Os fatores são considerados independentes, ou seja, a variação na altura de corte não influencia na velocidade de corte, e vice-versa. Na Tabela 4 é apresentada esta configuração.

Tabela 4: Limites das variáveis de entrada.

	Parâmetro	Limite inferior (-1)	Limite superior (+1)
P1	Altura de corte (mm)	5	8
P2	Velocidade de corte (mm/min)	350	580

Na Figura 6 é mostrado como é feita a seleção de velocidade e de sentido do corte. Na Figura 7 pode ser visto as manoplas de ajuste vertical e horizontal.



Figura 6: Seletores de velocidade e sentido (FONTE: Próprio autor).

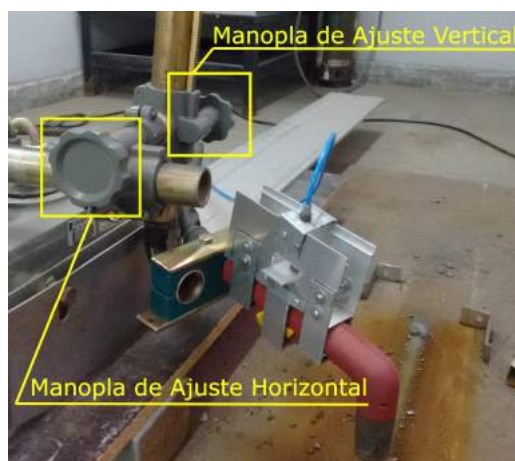


Figura 7: Mecanismos de Ajustes (FONTE: Próprio autor).

Para cada fator ajustado tem-se duas hipóteses para avaliar:

- H0 - hipótese nula - a altura da rebarba de topo não varia com o parâmetro em questão;
- H1 – hipótese alternativa - a altura da rebarba de topo varia com o parâmetro em questão.

A ordem dos testes precisa garantir a aleatoriedade dos experimentos. Este fato é relevante para certificar que os resultados obtidos não sejam influenciados pelo desgaste da tocha e dos consumíveis, mas unicamente pelas variáveis de entrada. Considerando um planejamento experimental com 2 fatores, 2 níveis cada e 3 réplicas de cada experimento tem-se um total de 4 experimentos e 12 testes. Na Tabela 5 é apresentada a ordem randomizada dos testes.

Tabela 5: Planejamento de experimentos.

Ordem de teste	Experimento	Réplica	Altura de corte (mm)	Velocidade de corte (mm/min)
1º	D	2	8	580
2º	A	3	5	350
3º	A	1	5	350
4º	D	1	8	580
5º	B	1	5	580
6º	C	3	8	350
7º	C	1	8	350
8º	B	3	5	580
9º	B	2	5	580
10º	A	2	5	350
11º	D	3	8	580
12º	C	2	8	350

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção serão apresentados e discutidos os resultados obtidos a partir do corte da plasma do aço ASTM A36 para diferentes valores de altura e velocidade de corte.

4.1 Análise qualitativa

Como apresentado na Introdução, o processo de corte a plasma é passivo de gerar inúmeras descontinuidades macroscópicas nas faces cortadas, desde simples ondulações até rebarbas refundidas na aresta superior (entrada do arco) e inferior (saída do arco). Nesta seção serão apresentados os resultados qualitativos do corte através da análise visual. A Figura (8) apresenta o esquema geral do processo. Nesta figura apresenta-se o sentido de corte e a nomenclatura das chapas (Lado 1 e Lado 2) que será usada nos demais resultados a seguir. A Figura (9) apresenta a ocorrência do desvio do arco, fenômeno de sopro magnético, que foi observado durante o corte.

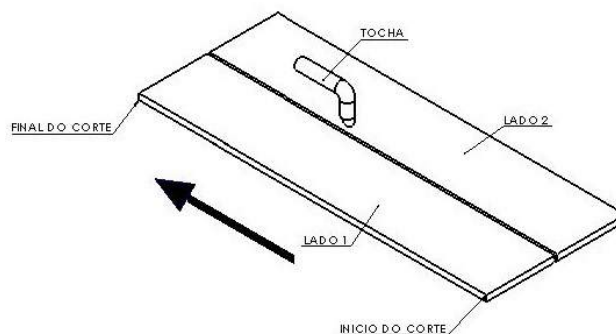


Figura 8: Percurso da tocha a plasma.

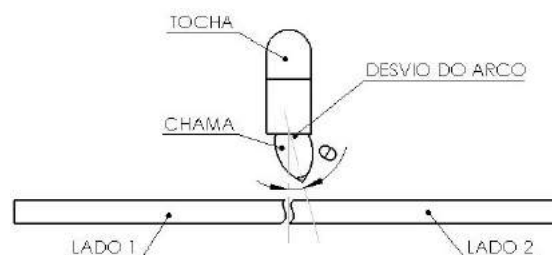


Figura 9: Indício de sopro magnético ocasionando o desvio do arco com ângulo de inclinação θ para o lado 2 da placa.

As Figuras (10) e (11) apresentam, respectivamente, as imagens superior (entrada do arco) e inferior (saída do arco) das chapas cortadas para as quatro experiências (A, B, C e D). Na Figura (10) pode-se observar a maior ocorrência de respingos superiores nos experimentos B e D, com mesma velocidade e diferentes alturas de corte. No experimento C é possível notar o acentuado chanframento da placa de Lado 1, podendo ser um forte indício da ocorrência de desvio do arco. A Figura (11) apresenta a formação de rebarba mais evidente no Lado 2, confirmando que, independente do parâmetro de corte, algum fator extra está atuando no acúmulo de material neste lado da chapa.

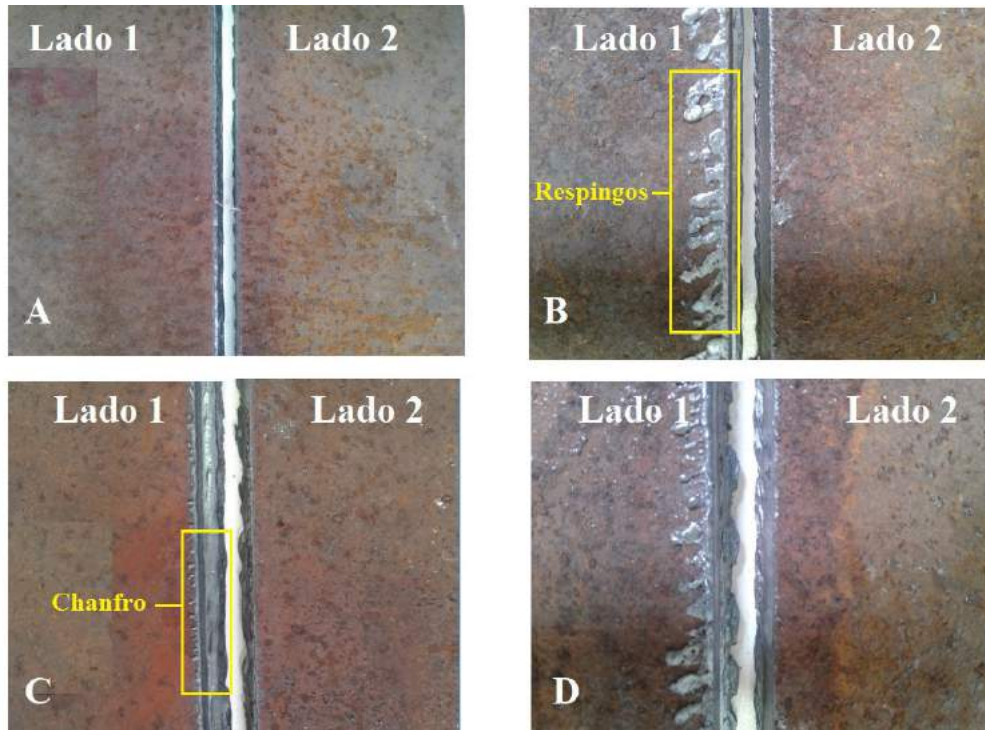


Figura 10: Imagem superior das placas após o corte: A (altura=5 mm e $V_c=350$ mm/min); B (altura=5 mm e $V_c=580$ mm/min); C (altura=8 mm e $V_c=350$ mm/min) e D (altura=8 mm e $V_c=580$ mm/min).

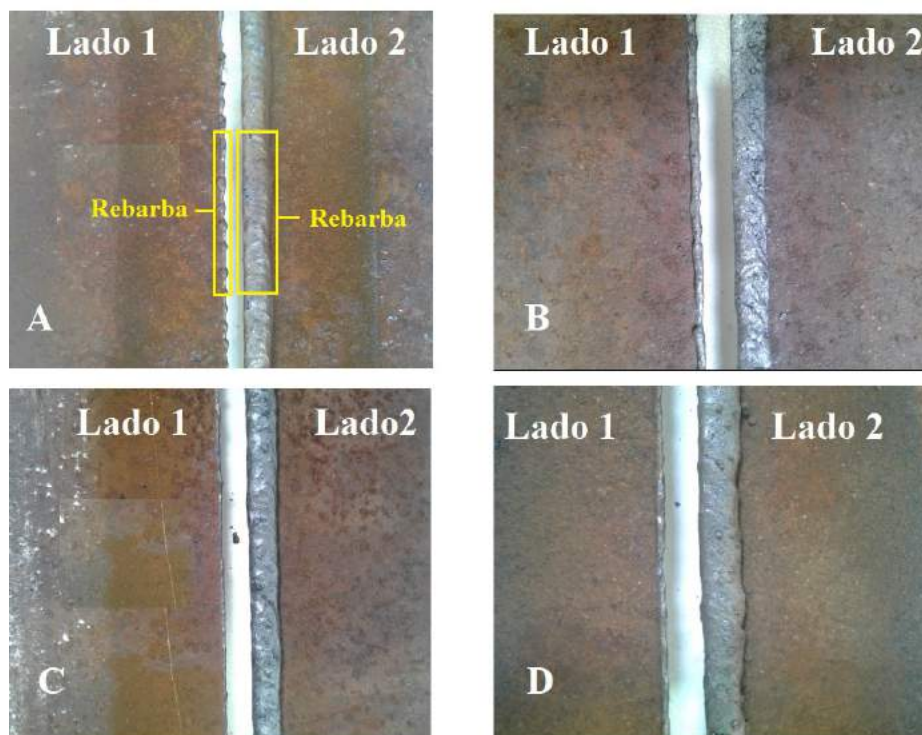


Figura 11: Imagem inferior das placas após o corte: A (altura=5 mm e $V_c=350$ mm/min); B (altura=5 mm e $V_c=580$ mm/min); C (altura=8 mm e $V_c=350$ mm/min) e D (altura=8 mm e $V_c=580$ mm/min).

A seguir, serão apresentadas análises de variância com o objetivo de quantificar a influência do desvio do arco e dos parâmetros do corte a plasma na formação das rebarbas.

4.2 Análise de Variância - ANOVA

A espessura e a largura da rebarba formada após o corte foram medidas com auxílio de um paquímetro com leitura de 0,02 mm, conforme apresentado no esquema da Figura (12). Foram realizadas 10 medidas em cada chapa com distância de 3 cm uma da outra. Os resultados foram analisados para identificar qual dos parâmetros é mais influente no processo de corte a plasma automatizado quando o foco é a qualidade macroscópica da região cortada.

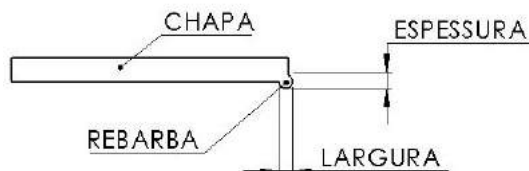


Figura 12: Medida da largura e da espessura da rebarba.

O tratamento estatístico dos dados foi realizado através da análise de variância (ANOVA), considerando dois fatores e dois níveis. Para isso, compara-se o valor da estatística F do fator analisado, na tabela ANOVA, com o valor de $F_{critico}$ da Tabela de distribuição F de Fisher-Snedecor [8], para um nível de significância $\alpha = 5\%$.

Para se obter o valor de $F_{critico}$ utiliza-se o grau de liberdade do parâmetro analisado (altura de corte ou velocidade de corte) como numerador e o erro como denominador na Tabela de distribuição de Fisher. Se o fator F (ANOVA) for maior que $F_{critico}$ significa que a hipótese nula é rejeitada e, portanto, o parâmetro influencia na variável de resposta (rebarba).

O resultado da ANOVA é comumente apresentado no modelo da Tabela (6), onde SQ é a soma dos quadrados, GL é o grau de liberdade e MQ são os quadrados médios. A primeira coluna desta tabela apresenta a fonte de variação, a segunda coluna apresenta a soma dos quadrados de cada um dos fatores e sua variabilidade e a terceira coluna mostra os graus de liberdade que está relacionado com o número de níveis de cada fator.

Inicialmente foram realizadas análises de variância para cada lado da placa cortada para verificar a ocorrência de descontinuidades aparentes no Lado 2 devido a possibilidade de desvio do arco. As Tabelas (6) e (7) apresentam as análises de variância da espessura da rebarba do Lado 1 e Lado 2, respectivamente. As Tabelas (8) e (9) apresentam as análises de variância da largura da rebarba do Lado 1 e Lado 2, respectivamente. O $F_{critico}$ para estas quatro análises é 5,32 com nível de significância $\alpha = 5\%$.

Da Tabela (6) é possível observar que o Fator $F < F_{critico}$ para os dois parâmetros de corte, inclusive para a interação entre estes. Deste modo tanto a altura quanto a velocidade de corte não atuam na espessura da rebarba do Lado 1. Já na Tabela (7) o Fator $F > F_{critico}$ para a velocidade de corte indicando grande influência deste parâmetro na espessura da rebarba do Lado 2, enquanto que a altura de corte não apresentou nenhuma influência. Finalmente, a interação entre os parâmetros $F(5,15) < F_{critico}(5,32)$ indica que não há uma dependência entre os parâmetros sobre a espessura da rebarba formada.

Da Tabela (8) é possível observar que a altura de corte exerce maior atuação na largura da rebarba do Lado 1, já que o Fator $F > F_{critico}$. Apesar do Fator $F < F_{critico}$ para a velocidade de corte, este parâmetro apresenta um Fator F (4,93) próximo do $F_{critico}$. Na Tabela (9) o Fator $F > F_{critico}$ para os dois parâmetros de corte, sem indícios de interação entre estes. Deste modo, tanto a altura quanto a velocidade de corte exercem influência na largura da rebarba do Lado 2, sendo mais evidente com este último parâmetro.

Tabela 6: Espessura da rebarba Lado 1

Fonte	SQ	GL	MQ	Fator F	Prob.>F
Velocidade de corte (mm/min)	0,10379	1	0,10379	0,73	0,4183
Altura de corte (mm)	0,27120	1	0,2712	1,9	0,2051
Interação	0,04083	1	0,04083	0,29	0,6071
Erro	1,14049	8	0,14256		
Total	1,55631	11			

Tabela 7: Espessura da rebarba Lado 2

Fonte	SQ	GL	MQ	Fator F	Prob.>F
Velocidade de corte (mm/min)	3,38141	1	3,38141	57	0,0001
Altura de corte (mm)	0,0001	1	0,0001	0	0,9688
Interação	0,30528	1	0,30528	5,15	0,053
Erro	0,4746	8	0,05932		
Total	4,16138	11			

Tabela 8: Largura da rebarba Lado 1

Fonte	SQ	GL	MQ	Fator F	Prob.>F
Velocidade de corte (mm/min)	2,0601	1	2,06007	4,93	0,0571
Altura de corte (mm)	2,4989	1	2,49888	5,99	0,0401
Interação	2,6358	1	2,63578	6,31	0,0362
Erro	3,3396	8	0,41744		
Total	10,5343	11			

Tabela 9: Largura da rebarba Lado 2

Fonte	SQ	GL	MQ	Fator F	Prob.>F
Velocidade de corte (mm/min)	9,0932	1	9,09324	81,41	0
Altura de corte (mm)	1,3995	1	1,39947	12,53	0,0076
Interação	0	1	0,00001	0	0,9933
Erro	0,8936	8	0,1117		
Total	11,3863	11			

Em seguida, foi realizada uma análise de variância considerando apenas espessura e largura das rebarbas, unindo os resultados dos Lados 1 e 2. Assim é possível verificar a importância dos parâmetros de corte sem considerar o efeito do desvio do arco. O $F_{critico}$ encontrado para os dois casos foi de 3,84 com nível de significância α de 5%. As Tabelas (10) e (11) apresentam as análises de variância para a espessura e a largura da rebarba, respectivamente.

Tabela 10: Espessura da rebarba

Fonte	SQ	GL	MQ	Fator F	Prob.>F
Velocidade de corte (mm/min)	11,502	1	11,5019	5,7	0,0178
Altura de corte (mm)	1,408	1	1,4076	0,7	0,4046
Interação	0,614	1	0,6141	0,3	0,5818
Erro	476,459	236	2,0189		
Total	489,982	239			

Tabela 11: Largura da rebarba

Fonte	SQ	GL	MQ	Fator F	Prob.>F
Velocidade de corte (mm/min)	12,485	1	12,4853	3,29	0,0709
Altura de corte (mm)	0,791	1	0,7912	0,21	0,6483
Interação	13,132	1	13,1321	3,46	0,064
Erro	895,159	236	3,793		
Total	921,567	239			

Da Tabela (10) é possível observar que Fator F > $F_{critico}$ somente para a velocidade de corte. Assim, de modo geral, este parâmetro de corte exerce maior influência na espessura da rebarba, independente da ocorrência de desvio do arco. Da Tabela (11) é possível observar que Fator F < $F_{critico}$, indicando que nenhum dos dois parâmetros de corte apresentaram real influência na largura da rebarba. No entanto, dentre os dois parâmetros, a velocidade de corte apresentou o Fator F (3,29) maior que o Fator F (0,21) da altura de corte. Finalmente, pode-se afirmar que as dimensões das rebarbas podem ser melhor controladas pela velocidade de corte.

As Figuras (13) e (14) apresentam as variações dos dados para espessura e largura da rebarba, respectivamente, considerando apenas a velocidade de corte. Pela média dos valores pode-se afirmar que em todos os casos a espessura e largura são maiores para a placa do Lado 2 (com desvio do arco). Para este lado, as dimensões são maiores para velocidade de corte de 350 mm/min, indicando a formação de rebarbas de baixa velocidade de corte. Quanto menor a velocidade de corte, maior o tempo de permanência do jato na superfície da peça e, portanto, maior será o volume de material fundido e acumulado na aresta inferior da placa.

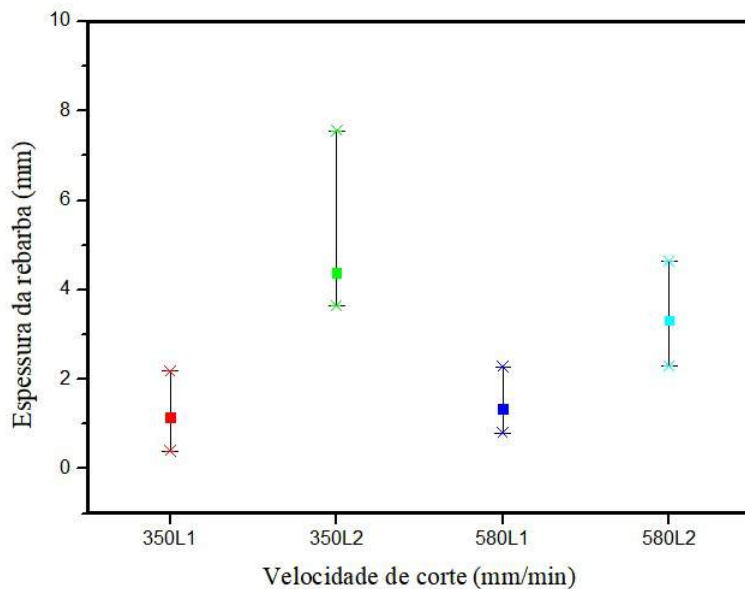


Figura 13: Variação da espessura para os Lados 1 e 2 das placas em função da velocidade de corte.

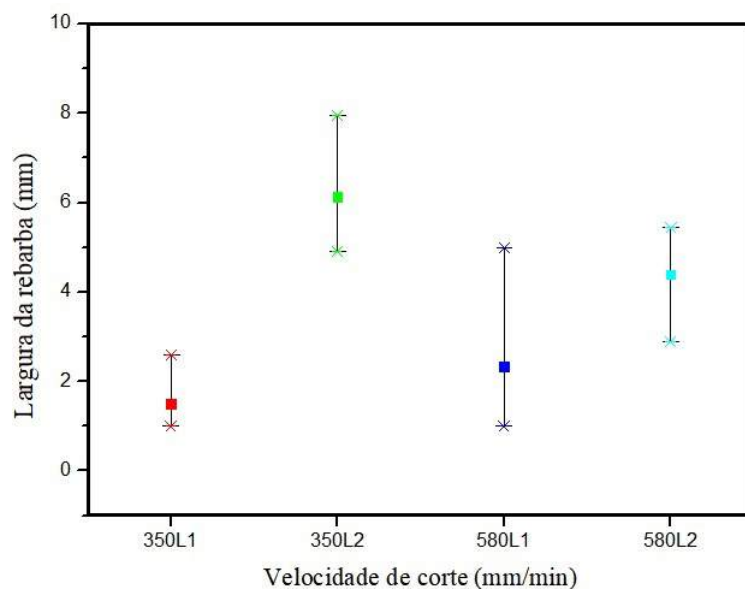


Figura 14: Variação da largura para os Lados 1 e 2 das placas em função da velocidade de corte.

5. CONCLUSÕES

Nesta seção serão apresentadas as principais conclusões obtidas neste trabalho. O objetivo principal deste trabalho foi apresentar a possibilidade de realizar o corte a plasma com acionamento e deslocamento automático e verificar a qualidade do corte pela análise visual e pela análise de variância a partir de dois níveis de velocidade e altura de corte.

- A partir da análise visual foi observada a formação de salpicos em cima das peças, principalmente nas placas de Lado 1 para velocidade de corte de 580 mm/min. Este tipo de salpico ou respingo frequentemente está associado ao corte com velocidade rápida ou ao corte com maiores distância entre o bocal e a superfície da peça (tensão de arco alta). Foi observado também a possibilidade de ocorrência de desvio do arco pelo chanframento de uma face de corte e pelo acúmulo de material na face oposta.
- Pela análise de variância foi possível observar que o Lado 2 da placa apresentou maior ocorrência de rebarba, sendo sua espessura e largura influenciadas principalmente pela velocidade de corte. Em seguida, para desconsiderar o efeito do desvio do arco, foram realizadas análises para todas as medidas tomadas nos dois lados da placa e os resultados ratificaram que as dimensões da rebarba são altamente afetadas pela velocidade de corte.

- Os gráficos de variação dos dados, considerando somente a velocidade de corte, indicaram que as dimensões da rebarba são maiores para o Lado 2 e para velocidade de corte de 350 mm/min. A rebarba de baixa velocidade assume a forma de glóbulos maiores na parte inferior do corte e podem se soltar com facilidade.
- Suprimindo a ocorrência de sopro magnético, o corte a plasma automatizado é mais indicado por garantir o controle da altura e da velocidade de corte, evitando a ocorrência de respingos e rebarbas nas superfícies superior e inferior da peça cortada. O acionamento automático, adicionalmente, evita o contato direto do operador com as regiões próximas ao plasma, já que este pode alcançar temperaturas de aproximadamente 28000°C ao tocar na superfície da peça.
- Para evitar o corte assimétrico e a ocorrência de descontinuidades é importante diminuir ou evitar o ângulo de inclinação do arco. Para isso, podem-se realizar trabalhos futuros variando a corrente e a vazão do fluxo de gás.

6. REFERÊNCIAS

- A 36/A 36M – 97ae1, A., 1999. “Standard specification for carbon structural steel 1”. Technical report, AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS-ASTM.
- Askeland, D.R. and Phulé, P.P., 2008. *Ciência e engenharia dos materiais*. Cengage Learning.
- Colt, J., 2015. “Troubleshooting cnc plasma cutting, part ii,”. *Practical Welding Today*.
- HORI, K., WATANABE, H., MYOGA, T. and KUSANO, K., 2003. “Development of hot wire tig welding methods using pulsed current to heat filler wire: Research on pulse heated hot wire tig welding processes (report 1)”. *quarterly journal of the Japan Welding Society*, Vol. 21, No. 3, pp. 362–373.
- Jones, R.B., February 1995. “New system to control magnetic arc blow in welding”. *Journal of Ship Production*, Vol. 11, No. 1, pp. 30–33.
- Kumar, A., Joshi, H., Prahlad, V. and Singh, R., 2010. “Effect of magnetic field on laser-blow-off plasma plume: Structured temporal emission profile”. *Physics Letters A*, Vol. 374, No. 25, pp. 2555–2560.
- Kumar, R., Singh, R. and Kumar, A., 2012. “Effects of magnetic field on oscillatory structures in laser-blow-off plasma”. *Physics Letters A*, Vol. 377, No. 1-2, pp. 93–98.
- Lee, H.k., Park, S.h. and Kang, C.Y., 2015. “Effect of plasma current on surface defects of plasma-mig welding in cryogenic aluminum alloys”. *Journal of Materials Processing Technology*, Vol. 223, pp. 203–215.
- Modenesi, P.J., Marques, P.V. and Bracarense, A.Q., 2005. *Soldagem-fundamentos e tecnologia*. Editora UFMG.
- Wainer, E., Brandi, S.D. and MELLO, F.D., 1992. “Soldagem: processos e metalurgia”. *Edgard Blücher Ltda, São Paulo*.
- Yamaguchi, Y., Katada, Y., Itou, T., Uesugi, Y., Tanaka, Y. and Ishijima, T., 2015. “Experimental investigation of magnetic arc blow in plasma arc cutting”. *Welding in the World*, Vol. 59, No. 1, pp. 45–51.

7. RESPONSABILIDADE AUTORAL

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho.

PLASMA CUTTING QUALITY STUDY AUTOMATED IN A36 STEEL SHEETS

Juan Assis, juansilvarj10@gmail.com¹

Vinicius Gomes Pereira Siston, viniciusgpsiston1@gmail.com¹

Guilherme Amaral do Prado Campos, gcampos.cefet@gmail.com¹

Adriane Lopes Mougo, adriane.mougo@gmail.com¹

¹Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, Campus Nova Iguaçu, RJ, Brazil

Resumo: The cut in metal sheets is of great importance for several applications of the industry. Its precision and quality depend mainly on the good execution of the cutting trajectory and its speed, as well as the adjustment of the tool that will perform it. In this job a mechanism is developed which, adapted to a manual plasma cutting tool, performs the automatic control of its drive and positioning, and it verifies the quality of the cut through the formation of burrs at different speeds and cutting heights. The results show the parameters and adjustments for more precise cuts.

Palavras-chave: Plasma cutting, manual process, automatic activation, burr formation.