

## PROPOSIÇÃO E AVALIAÇÃO DA SOLDAGEM TIG COM ALIMENTAÇÃO TANGENCIAL DE ARAME QUENTE (ATAQ-TIG)

**Ana Carolina Martins Freitas**

Universidade Federal de Santa Catarina, Joinville – SC, Brasil  
[anac.engnaval@gmail.com](mailto:anac.engnaval@gmail.com)

**Tiago Vieira da Cunha**

Universidade Federal de Santa Catarina, Joinville – SC, Brasil  
[t.cunha@ufsc.br](mailto:t.cunha@ufsc.br)

**Resumo:** Em busca de maiores taxas de deposição, várias técnicas de alimentação de arame vêm sendo desenvolvidas ao longo do tempo. Neste contexto, têm-se a alimentação tangencial do arame no processo de soldagem TIG. Nesta, o arame é alimentado muito próximo do eletrodo, perfazendo um pequeno ângulo em relação ao eletrodo de tungstênio, sendo introduzido no arco voltaico em isotermais mais quentes. Com isso, beneficia-se de forma mais eficiente do calor proveniente do arco voltaico para a fusão do arame, já que uma transferência de calor mais efetiva é conseguida. Outra possibilidade consiste no pré-aquecimento do metal de adição. Neste caso, têm-se a técnica conhecida como TIG hot-wire. O emprego de arame quente visa também a obtenção de maiores taxas de deposição, já que neste caso uma parcela menor de energia do arco é necessária para leva-lo à fusão. O presente trabalho tem por objetivo propor e avaliar as técnicas de alimentação de arame tangencial e hot-wire operando concomitantemente, caracterizando, portanto, como uma nova técnica chamada de ATAQ-TIG. Neste caso, o pré-aquecimento do arame será realizado por indução eletromagnética, afim evitar as instabilidades no processo inerentes ao aquecimento por efeito Joule e, assim, além de viabilizar a junção das técnicas, buscar taxas de deposição ainda maiores. Para tanto, foram realizados ensaios de soldagem com as técnicas de alimentação de arame convencional, tangencial e tangencial hot-wire, buscando-se uma mesma condição operacional de soldagem (transferência em ponte metálica) em três níveis de corrente de soldagem. A obtenção desta condição operacional foi conseguida através do ajuste de velocidade de arame. Por fim, como resultado verificou-se que, numa mesma condição operacional de soldagem, além de se constituir numa técnica totalmente viável, o emprego da ATAQ-TIG conduz a taxas de deposição consideravelmente maiores (até 327%) em comparação com aquelas obtidas com a técnica convencional.

**Palavras-chave:** Alimentação tangencial de arame; Indução eletromagnética; Hot-Wire; GTAW.

### 1. INTRODUÇÃO

O uso de aço carbono na indústria é bastante amplo, mas apesar de ser muito utilizado ele apresenta problemas de corrosão, necessitando assim de interferência para a proteção do material. Os processos de soldagem são conhecidos principalmente para união de peças, porém, nos últimos anos vem sendo utilizado para deposição de material numa determinada superfície para a formação de um revestimento. Esse processo então é conhecido como processo de revestimento por soldagem.

Diversos processos podem ser empregados para a realização da soldagem com o objetivo de revestir uma superfície. Neste contexto, processos que utilizam eletrodo não consumível e, portanto, permitem o controle independente entre a energia de soldagem e a taxa de deposição, permitem um maior controle em termos de penetração, diluição e reduzida zona termicamente afetada dos depósitos. Um dos processos que se caracteriza por fácil controle da penetração e menor diluição é o processo TIG (Kumar et al, 2010.)

Algumas técnicas podem ser aplicadas no processo de soldagem TIG em aplicações que visam uma maior taxa de deposição para aplicações de revestimento. Por volta de 1960 foi desenvolvida a técnica chamada “Hot wire”, com o objetivo de aumentar a taxa de deposição (Henon, 2015 apud Braga, 2017). Em uma aplicação normal do processo de soldagem TIG cold-wire, o material de adição frio é fornecido na borda da poça de fusão, fazendo com que o arco voltaico perca eficiência devido a entrega de energia necessária para fundir o material de adição, além de fornecer energia para manter a poça de fusão. Já a técnica hot-wire consiste em pré-aquecer o arame na temperatura próxima de sua fusão momentos antes de contato deste com a poça de fusão (Linnert, 1994).

Na técnica hot-wire, o aquecimento do arame pode ser realizado de diversos métodos, sendo o mais simples e comum o aquecimento promovido por efeito Joule a partir de uma corrente de aquecimento independente, que circula pelo material de adição em contato com a poça fundida. Segundo KATSUYOSHI et al. (2003) o maior desafio desse método consiste na deflexão do arco, conhecido como sopro magnético, que surge devido a força eletromagnética oriunda da interação entre a corrente de aquecimento do arame e a corrente de soldagem do arco. Neste contexto, Olivares e Díaz (2016) afirma que esta deflexão é responsável pelo menor controle sobre o arco e, assim, na sua direcionalidade na junta de soldagem. Relativo a isso, a polaridade da corrente que circula o arame possui influência direta na direção de desvio do arco voltaico. De acordo com Olivares e Díaz (2016) quando o arco deflete em direção ao arame, é conseguida uma maior transferência de energia para o arame, ao mesmo tempo em que diminui a pressão do arco no centro da poça de fusão. Desta forma, segundo os autores, obtêm-se um aumento na taxa de deposição associada a redução da diluição, o que é favorável para aplicações de revestimento.

Aplicando a técnica hot-wire com aquecimento por efeito Joule no processo TIG com corrente de soldagem de 160 A, Olivares e Díaz (2016) obtiveram índices de diluição de apenas 2% e 7%, aproximadamente, para velocidades de arame de 7,5 m/min e 5,5 m/min, respectivamente. Contudo, de acordo com os autores o emprego desses cordões de solda em aplicações de revestimento é dificultado, tendo em vista os elevados ângulos de molhamento dos cordões obtidos para essas velocidades de arame. Em vista disso, ainda segundo os autores, isto poderia ser melhorado com o emprego da oscilação transversal da tocha de soldagem (técnica de tecimento). Quanto a taxa de deposição os autores afirmam obter até 4 kg/h para a velocidade de arame de 7,5 m/min.

Na Figura 3 é mostrada a taxa de deposição conseguida com diferentes técnicas empregadas no processo TIG. Conforme pode ser visto, a técnica hot-wire possui capacidade significativamente superior quando comparada ao cold-wire, para uma mesma potência de arco. Neste contexto, segundo Linnert (1994), a técnica hot-wire permite que a velocidade de soldagem seja aumentada em até 50% em comparação com a mesma operação utilizando a alimentação de arame frio. Isto se deve ao fato de maiores índices de aporte de material serem conseguidos para uma mesma corrente de soldagem.

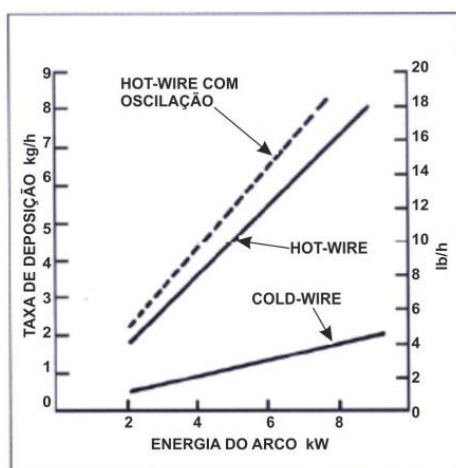


Figura 1. Comparativo entre a taxa de deposição obtidas para diferentes técnicas empregadas no processo TIG. Adaptado de Lucas (1990)

Ao comparar as técnicas TIG cold-wire e hot-wire para velocidade de arame de 4,5 m/min, Olivares e Díaz (2016) observaram que a energia fornecida pelo arco voltaico não foi suficiente para fundir totalmente o material de adição na técnica cold-wire. Deste modo, o arame atravessa o arco voltaico e colide com o substrato, provocando alterações na distância eletrodo-peça e produzindo instabilidades e variações na geometria dos cordões de solda.

As variações nas geometrias do cordão de solda estão relacionadas com os parâmetros empregados no processo de soldagem. De acordo com Dinesh, K., Anandavel, B., Davakumaran, K. (2018) o aumento na largura do cordão de solda é maior com o aumento da corrente de soldagem e da corrente de aquecimento do arame, resultando, ainda, com a combinação mútua desses dois parâmetros, numa maior taxa de deposição. Padmanaban, A., Neelakandan, B., Kandasamy, D. (2016) atribuem esse aumento na largura do cordão de solda principalmente à variação de transferência de calor para a poça de fusão através do arco e o aquecimento do metal de adição. Relativo a este último, Chen et al. (2018) analisaram o efeito da temperatura do arame inserido no arco. Como resultado, verificaram que este é responsável pelo aumento da largura do cordão de solda e redução do reforço. Isto significa que o arame quente beneficia a geometria do metal de revestimento depositado na superfície do substrato.

Visto o que a polaridade do arame possui implicações diferentes sobre o arco, uma alternativa na qual vem sendo empregada consiste no emprego de corrente alternada para o aquecimento do arame, minimizando, assim, o sopro magnético (Lucas, 1990). Contudo, apesar de ser minimizado, o sopro magnético não é totalmente eliminado quando da aplicação do aquecimento por efeito Joule. Diante disso, Voigt et al., (2020) realizaram um estudo acerca da construção

e avaliação de um sistema de aquecimento do arame por indução eletromagnética. Isto com o objetivo de eliminar completamente os problemas presentes no processo TIG *hot wire* relativos ao sopro magnético possibilitando, assim, o emprego de maiores velocidades de alimentação de arame e flexibilidade quanto aos aspectos operacionais, conferindo, portanto, maior robustez ao processo. O emprego do induction hot wire TIG (IHW-TIG) se mostrou uma alternativa aos processos convencionais no que tange à taxa de deposição, visto que se obteve um aumento de até 220% (Figura 2) na velocidade de alimentação de arame nas condições estudadas (Voigt et al., 2020). Este resultado significa uma área depositada três vezes maior em comparação a técnica cold-wire e, portanto, mostra-se uma técnica potencial.

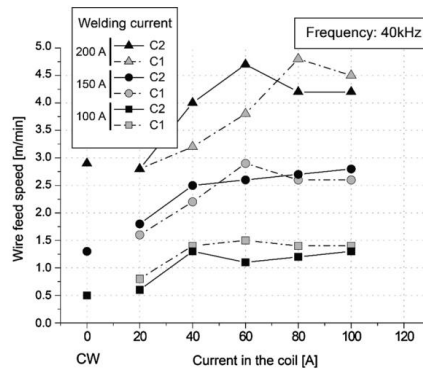


Figura 2. Velocidades de arame obtidas em função da corrente de indução para diferentes correntes de soldagem. Voigt et al. (2020)

Outra técnica na qual pode ser aplicada no processo TIG com o objetivo de se obter maiores taxas de deposição é a alimentação tangencial do arame (ATA-TIG), que difere do processo TIG convencional pelo ângulo de inserção do arame no arco em relação ao metal de base. No processo TIG convencional o arame é alimentado com ângulo aproximado de 20° em relação à peça de trabalho, já na técnica de alimentação tangencial este ângulo é de aproximadamente 70° (Menezes, 2016).

Quando o arame é alimentado de forma tangencial, o mesmo adentra em regiões mais quentes do arco e, com isso, se obtém maiores taxas de deposição, nas quais podem ser comparadas com as taxas alcançadas com o processo MIG/MAG (Figura 3), porém com a qualidade da soldagem TIG (Fortain, 2008 apud Menezes, 2016). Além disso, a técnica de alimentação tangencial aumenta a possibilidade de posicionamento da tocha, permitindo maior acessibilidade em juntas geometricamente mais complexas.

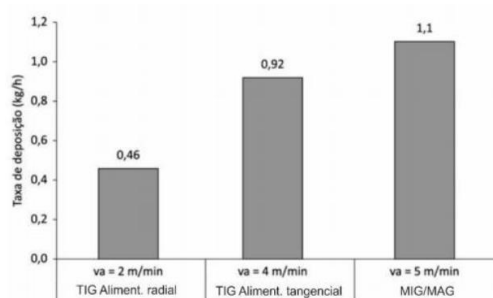


Figura 3. Comparação da taxa de deposição obtidas com os processos MIG/MAG, TIG com alimentação radial e alimentação tangencial. FORTAIN, 2008

Quando o arame é inserido radialmente, as posições de introdução do arame em relação ao arco (frontal, lateral e traseira) é uma variável importante do processo. Uma vez que a posição em que o arame é inserido é fundamental para o resultado do cordão de solda obtido. Neste contexto, de acordo com Godinho et al. (2016) a alimentação tangencial apresenta como característica particular a flexibilidade em relação à posição de entrada do arame no arco, embora seja recomendado pelo fabricante do equipamento empregado em seu estudo a alimentação por trás do arco a fim de prevenir a contaminação do eletrodo de tungstênio. A questão de contaminação do eletrodo de tungstênio é algo crítico a ser considerado na técnica de alimentação tangencial de arame. Isto se deve, sobretudo, ao fato de o arame estar posicionado muito próximo ao eletrodo de tungstênio para que seja possível adentrar em isoterms do arco de maior temperatura. Esta pequena distância entre arame e eletrodo também torna praticamente inviável o emprego da técnica hot-wire com aquecimento por feito Joule, uma vez que o sopro magnético se torna consideravelmente intenso nesta configuração geométrica do processo.

Embora existam trabalhos na literatura que abordam a aplicação das técnicas de alimentação tangencial do arame e hot-wire, por muitas vezes evidenciando todas as suas respectivas vantagens para aplicações em revestimentos, não foi

possível encontrar qualquer estudo no qual é proposto a junção das duas técnicas descritas. Diante disso, com o intuito de obter taxas de deposição ainda maiores, sem, entretanto, os inconvenientes relativos ao sopro magnético, inerente ao aquecimento por efeito joule, é proposto neste trabalho a avaliação da junção das técnicas de alimentação tangencial (ATA-TIG) com o aquecimento do arame por indução eletromagnética (IHW-TIG).

## 2. METODOLOGIA

Para a realização dos ensaios de soldagem primeiramente foi montada uma bancada de ensaios (Figura 4). A fonte de soldagem utilizada foi DIGTEC 450 (1), composta por um sistema tracionador de arame (2) e sistema de resfriamento da tocha, e um sistema de deslocamento de tocha com um grau de liberdade modelo Tartilope V1 (3). Além disso, ao iniciar os ensaios com aquecimento do arame por indução eletromagnética foram adicionados na bancada uma fonte de indução e uma unidade de refrigeração UPR 7500, necessários para alimentação e refrigeração, respectivamente, da bobina de aquecimento indutivo (Figura 4b).

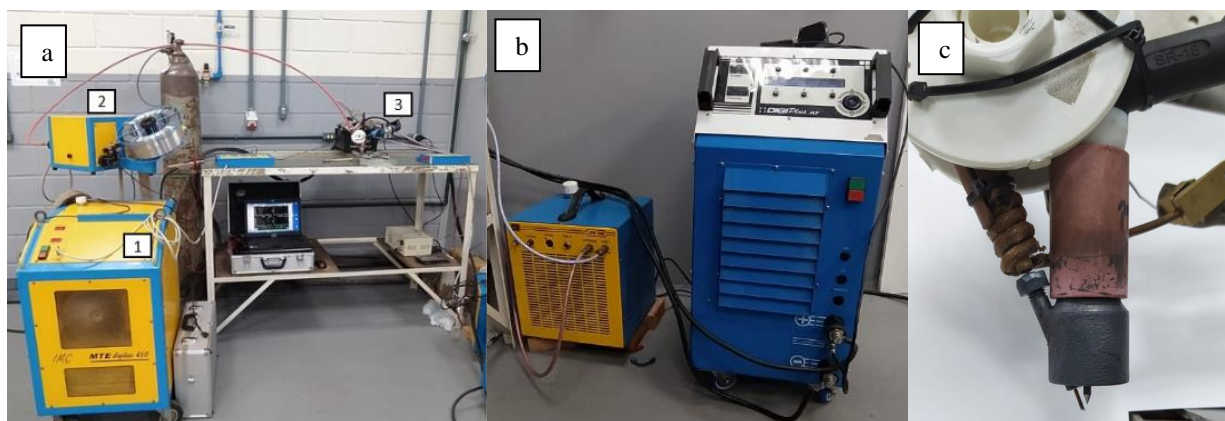


Figura 4. Bancada de Ensaios utilizada

Em todos os ensaios a alimentação do arame foi realizada à frente do arco voltaico. Para os ensaios com a técnica TIG Convencional, foi empregado um dispositivo no qual permite um ângulo de entrada do arame no arco de  $15^\circ$ , aproximadamente, em relação à peça de trabalho. Já para realização dos ensaios com alimentação tangencial do arame foi utilizado um protótipo de dispositivo de fixação, conforme mostra a Figura 4c, no qual permite o posicionamento do arame formando um ângulo de  $20^\circ$  aproximadamente em relação ao eixo axial do eletrodo e acomodação da bobina para aquecimento indutivo, na qual permaneceu desativada durante os ensaios com a técnica de alimentação tangencial de arame frio (ATA-TIG). A bobina por sua vez possui comprimento de 100 mm, composta por 20 espiras e refrigerada a água durante os ensaios.

Em todos os ensaios utilizou-se um sistema de aquisição de dados SAP V4.38s, no qual permite fazer a leitura instantânea dos valores de corrente de soldagem, tensão de arco e velocidade de alimentação de arame durante.

Os corpos de prova com dimensões de  $180 \times 90 \times 3$  mm de aço carbono SAE 1020 foram previamente limpos com álcool afim de retirar as impurezas da superfície e a cada ensaio fixados no dispositivo de fixação de corpos de prova empregado. A definição da espessura de 3 mm do corpo de prova se deve a obtenção de cordões de solda com menor reforço (melhor molhabilidade), tendo em vista que em ensaios preliminares com chapas com maior espessura (6 mm), houve a contaminação do eletrodo de tungstênio devido a taxa de alimentação de material muito elevada.

Para a realização da aquisição das taxas de deposição do material (em kg/h), fez-se necessário a medida de densidade linear do arame de adição utilizado no processo, para tanto foram cortadas 3 amostras de 1 metro de comprimento de arame, para cada amostra foi realizada a média da massa através de três medidas, utilizando uma balança de modelo Marte AD2000 com resolução de 0,01 g, para então realizar a média da densidade linear do arame a ser utilizada nos ensaios de soldagem.

A condição operacional imposta em todos os ensaios de soldagem foi definida a partir do modo de transferência metálica, sendo essa associada a velocidade de alimentação do arame, na qual foi ajustada gradativamente em 0,1 m/min até atingir visualmente a condição limite de transferência em ponte metálica. Além disso, em todos os ensaios de soldagem alguns parâmetros se mantiveram constantes, nos quais estão demonstrados na Tabela 1.

Tabela 1. Parâmetros Fixos de Soldagem

Item	Valor
Gás de proteção	Argônio puro
Vazão do gás de proteção, l/min	12
Eletrodo	EWTh-2
Diâmetro do eletrodo, mm	2,4
Ângulo de afiação do eletrodo	30°
Arame de alimentação	ER430LNb
Diâmetro do arame, mm	1,2
Distância eletrodo-peça (DEP), mm	4
Comprimento livre do eletrodo, mm	44

Os ensaios de soldagem foram organizados em três grupos. O primeiro utilizando a técnica TIG convencional com alimentação de arame frio; o segundo com ATA-TIG (Alimentação Tangencial do arame frio no processo TIG) e, o terceiro sendo o ATAQ-TIG (Alimentação Tangencial do arame quente no processo TIG) com aquecimento indutivo. Em todos os grupos de ensaios foram empregadas correntes de soldagem de 100 A, 150 A e 200 A. Para a determinação das velocidades de soldagem ( $V_s$ ) primeiramente foram realizados cordões de solda de referência para corrente de 200 A, obtendo-se uma condição de operação estável de processo e com transferência metálica no limite de transferência em ponte contínua para a velocidade de soldagem de 15 cm/min. Partindo da premissa de alcançar energias de soldagem semelhantes, calculou-se uma constante ( $k$ ), sendo esta a razão entre corrente de soldagem e velocidade de soldagem. A partir dos ensaios preliminares, foi possível determinar o valor de 13,3 para a constante  $k$  e, subsequentemente, os valores de velocidade de soldagem para os ensaios realizados com 100 A e 150 A, sendo de 7,4 cm/min e 11,2 cm/min respectivamente, valores estes utilizados em todos os grupos de ensaios de soldagem.

No terceiro grupo de ensaios, realizado com o objetivo de avaliar o potencial aumento de velocidade de alimentação do arame e, consequentemente, o aumento na taxa de deposição de material, foi empregada corrente de indução na bobina de 120 A (limite da capacidade do equipamento) com frequência de 40 Hz para cada valor de corrente de soldagem.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na Figura 5 é apresentada a taxa de deposição de material (kg/h) em função da potência do arco (kW) para diferentes técnicas de alimentação de arame no processo TIG empregadas no presente estudo. Conforme pode ser visto, é evidente o ganho nas taxas de deposição com as técnicas com alimentação tangencial sem aquecimento e com aquecimento indutivo frente ao TIG Convencional.

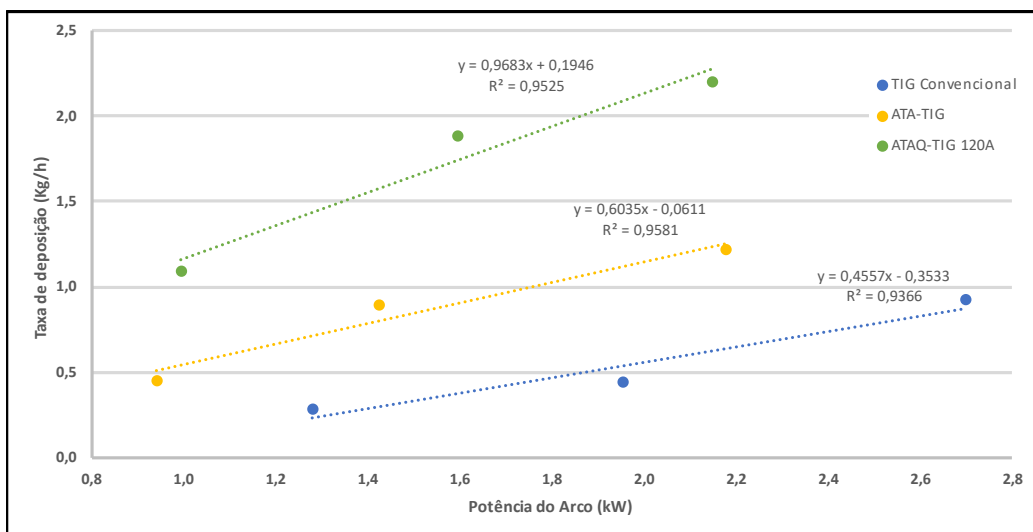


Figura 5. Relação taxa de deposição e potência de arco nas diferentes técnicas no processo TIG

Ao analisar os resultados observa-se um deslocamento para a direita dos valores obtidos com a técnica TIG convencional, quando comparado com aqueles obtidos com as técnicas de alimentação tangencial. Num primeiro momento, acreditou-se que esse comportamento poderia estar associado ao fato de que em maiores taxas de deposição de material, menor é a altura de arco, pois a poça de fusão possui mais material e a largura dos cordões não apresentou aumentos significativos, o que acarretaria em menores valores de tensão de arco. Entretanto, em todos os ensaios com alimentação tangencial, os valores de potência do arco foram semelhantes, embora as taxas de deposição aumentaram ao se alterar da alimentação tangencial de arame (ATA-TIG) para alimentação tangencial de arame quente com indução eletromagnética (ATAQ-TIG), o que leva a uma segunda hipótese. Com a alteração de TIG convencional para a técnica de alimentação tangencial de arame, o ângulo de entrada do arame é alterado de forma que mudanças na altura efetiva do arco possam ocorrer. Essas mudanças podem estar associadas ao fato de a condição de operação ser em ponte metálica, o que faz, portanto, com que o arame adquira o mesmo potencial elétrico da peça de trabalho. Com isso, o arco escala o arame, fazendo com que a altura efetiva do mesmo seja menor quando comparado ao processo de TIG convencional. Isto é corroborado pelos oscilogramas de tensão obtidos nas diferentes técnicas empregadas (Figura 6).

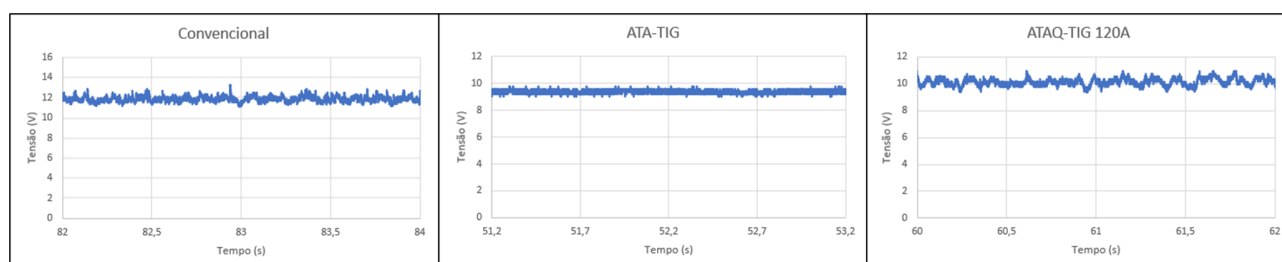


Figura 6. Oscilogramas de tensão obtidos para corrente de soldagem de 100 A nas diferentes técnicas empregadas

No que diz respeito à estabilidade do processo, embora visualmente não fosse possível identificar diferenças significativas no comportamento do arco voltaico, a partir da análise dos oscilogramas de tensão de arco verifica-se um comportamento semelhante entre os ensaios, exceto para ATAQ-TIG 120 A. Neste caso, a tensão de arco apresenta um maior nível de perturbação. Acredita-se que tal característica esteja associada à agitação do metal líquido presente na poça em maior volume, que naturalmente, possui potencial impacto tanto na tensão de arco, como na sensibilidade da condição com transferência metálica no limite de transferência em ponte contínua.

Apesar de a potência do arco medida para a técnica ATA-TIG ser menor, com esta alcançou-se maior taxa de deposição quando comparado ao TIG convencional. Do mesmo modo que para uma taxa de deposição de 0,9 kg/h aproximadamente, necessitou-se na técnica TIG convencional de 88% mais potência de arco em comparação à ATA-TIG. Na Tabela 2 são apresentados os resultados obtidos para todos os grupos de ensaios executados.

Tabela 2. Valores obtidos para os três grupos de ensaios

Técnica	Corrente de Soldagem (A)	Vs (cm/min)	Tensão Média (V)	Corrente média de soldagem (A)	Va medida (m/min)	Taxa de deposição (Kg/h)	Energia de Soldagem (KJ/mm)
TIG CONVENCIONAL	100	7,4	12,1	106	0,5	0,28	1,04
TIG CONVENCIONAL	150	11,2	12,5	157	0,9	0,44	1,03
TIG CONVENCIONAL	200	15,0	12,7	208	1,8	0,92	1,05
ATA-TIG	100	7,4	9,3	101	0,9	0,45	0,76
ATA-TIG	150	11,2	9,5	149	1,7	0,89	0,76
ATA-TIG	200	15,0	11,0	198	2,4	1,22	0,87
ATAQ-TIG 120 A	100	7,4	9,8	101	2,1	1,09	0,81
ATAQ-TIG 120 A	150	11,2	10,7	149	3,7	1,88	0,86
ATAQ-TIG 120 A	200	15,0	10,8	198	4,3	2,20	0,86

De acordo com os valores obtidos, na técnica TIG Convencional o aumento na velocidade de alimentação do arame foi de 55% ao alterar a corrente de soldagem de 100 A para 150 A e de 100% da corrente de soldagem de 150 A para 200 A, mostrando assim o impacto do aumento na corrente de soldagem. Mesmo com esse acréscimo nas velocidades de alimentação do arame, as taxas de deposição alcançadas foram menores quando comparadas àquelas obtidas com as outras técnicas aplicadas. Quando se refere aos resultados obtidos no segundo grupo de ensaios, comparando-o ao TIG convencional para a corrente de soldagem de 200 A obteve-se um ganho de 32% na taxa de deposição, enquanto que para

a corrente de soldagem de 100 A esse aumento foi de 60% e para a corrente de soldagem 150 A a taxa de deposição foi de 0,9 kg/h, o que representa aumento de 102% em relação ao TIG convencional. Esses acréscimos nas taxas de deposição são justificados pelo fato de o arame adentrar em regiões mais quentes do arco voltaico, próximo ao eletrodo de tungstênio, potencializando, assim, a transferência de calor para o mesmo, promovendo sua fusão com mais eficiência.

Já nos ensaios realizados no terceiro grupo, quando o arame adentrou no arco já aquecido por indução eletromagnética, os valores obtidos para as taxas de deposição alcançaram patamares ainda maiores em relação àqueles obtidos nas técnicas anteriores com a mesma condição de correntes de soldagem. Para a corrente de soldagem de 100 A, o aumento na taxa de deposição de material quando introduzido o aquecimento no arame com corrente de indução de 120 A, obtido em relação ao ATA-TIG, foi de 0,45 kg/h para 1,09 kg/h. Isto representa um aumento de 142%, enquanto que em relação ao TIG convencional o incremento na taxa de deposição foi de 290%. Analisando as taxas de deposição alcançadas nos ensaios com correntes de soldagem de 150 A, verifica-se o aumento de 111% e 327%, respectivamente, em relação ao ATA-TIG e o TIG convencional. Já com a corrente de soldagem de 200 A, o impacto do aquecimento por indução eletromagnética foi menor quando comparado com as menores correntes de soldagem. O aumento na taxa de deposição foi de 80% e 139%, respectivamente, em relação ao ATA-TIG e o TIG convencional. Isso mostra que mesmo empregando incrementos fixos de corrente e soldagem (50 A), os valores de velocidade de arame/taxa de deposição não são proporcionais, pois as mesmas foram ajustadas de acordo com a condição operacional do processo, ou seja, o modo de transferência por ponte metálica.

Conforme pode ser observado na Figura 5 o aumento na taxa de deposição com a corrente de soldagem não é proporcionalmente igual para as três técnicas empregadas. Tomando como referência o coeficiente angular das respectivas curvas de regressão linear obtidas, verifica-se que a taxa de deposição é proporcionalmente maior na técnica ATAQ-TIG (0,9683), seguido da técnica ATA-TIG (0,6035) e por último o TIG convencional (0,4557). Este resultado está de acordo com o apresentado por Lucas (1990), no qual o arame aquecido aumenta a eficiência de fusão do processo com a potência do arco.

Nas aplicações de revestimento por soldagem quanto maior for a taxa de deposição do material melhor do ponto de vista de produtividade. Portanto, os resultados obtidos mostram que a associação das técnicas de alimentação tangencial de arame (ATA-TIG) e aquecimento do arame por indução eletromagnética (ATAQ-TIG), concebendo, assim, a técnica de alimentação tangencial de arame quente (ATAQ-TIG), se mostra potencialmente promissora para aplicações onde se deseja elevadas taxas de deposição de material.

#### 4. CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos nas condições empregadas no presente trabalho, é possível concluir que:

- A associação das técnicas de alimentação tangencial do arame e de aquecimento por indução eletromagnética se mostra potencialmente promissora no aumento na taxa de deposição de material.
- É possível alcançar taxas de deposição semelhantes àquelas alcançadas com o TIG convencional, com a alimentação tangencial do arame e menor de potência de arco;
- É possível aumentar a taxa de deposição em até 290% e 327% com a técnica ATAQ-TIG, em relação ao ATA-TIG e TIG convencional, respectivamente;
- Verifica-se que a taxa de deposição cresce de forma proporcionalmente maior na técnica ATAQ-TIG, seguido da técnica ATA-TIG e por último o TIG convencional com o aumento da corrente de soldagem.

#### 5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Laboratório de Tecnologia da Soldagem (UFSC-Joinville) e à empresa IMC Soldagem pelo auxílio no desenvolvimento deste trabalho.

#### 6. REFERÊNCIAS

- Braga, F. J. V. "Revestimento de Inconel 625 Sobre Aço Carbono ARBL Utilizando Variantes do Processo TIG Visando Alta Produtividade e Baixa Diluição." Campos dos goytacazes, 2017.
- Chen, S. et al. "Investigation of Hot-Wire TIG Welding Based on The Heat-Conduction." Energy Procedia. [s.i], p. 9-15. jul. 2018.
- Dinesh, K., Anandavel, B., Davakumaran, K. "Visualization of Hot Wire Gas Tungsten Arc Welding Process." International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET). India, p. 1-6. 2018.
- Fortain, J., Rimano, L., Vaidya, V. "Innovative Process Improves Welding of Sheet Metal Parts." Welding Journal, p. 38-46, 2008.

- Godinho, C. et al. "Estudo Comparativo Entre a Injeção Tangencial e Radial de Arame do Processo TIG." in: XLII CONSOLDA – Congresso Nacional de Soldagem, 42., 2016, Belo Horizonte. Anais [...]. Belo Horizonte: ABS, 2016. p. 1-8.
- Katsuyoshi, H. et al. "Development of Hot Wire TIG Welding Methods Using Pulsed Current to Heat Filler Wire." Proceedings of The Welding Society, Japão, v. 21, n., p. 362-373, Jan. 2003.
- Kumar et al. "CRA Weld Overlay - Influence of Welding Process and Parameters on Dilution and Corrosion Resistance." in: Stainless Steel World America, 1., 2010, Houston, Texas. Anais [...]. Houston, Texas: TWI, 2010.
- Linnert, G. E. "Welding Metallurgy Carbon and Alloy Steels." 4. ed. Florida: American Welding Society, 1994.
- Lucas, W. "Tig and Plasma Welding. ISBN 978-1-85573-005-2. ed. [s.l.]: Abington, 1990.
- Menezes, V. G. S. "Estudo Comparativo Entre Técnicas de Alimentação de Arame no Processo TIG." 2016. 41 f. tcc (graduação) - Curso de Engenharia Naval, Universidade Federal de Santa Catarina, Joinville, 2016.
- Olivares, E. A. G e Díaz, V. M. V. "Estudo do Processo TIG Hot-Wire Com Material de Adição AISI-315I Analisando o Efeito do Sopro Magnético do Arco Sobre a Diluição do Cordão de Solda." Soldagem & Inspeção. p. 1-12. Out. 2016.
- Padmanaban, A., Neelakandan, B., Kandasamy, D. "A Study on Process Characteristics and Performance of Hot Wire Gas Tungsten Arc Welding Process for High Temperature Materials." Materials Research 20 (2016): 76-87.
- Voigt, A. L., Cunha, T. V., Niño, C. E. "Conception, Implementation and Evaluation of Induction Wire Heating System Applied to Hot Wire GTAW (IHW-GTAW)." Journal of Materials Processing Technology, v. 281, p. 116615, 2020.

## 7. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

Os autores são os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste trabalho.

# PROPOSAL AND EVALUATION OF TIG WELDING WITH HOT WIRE TANGENTIAL FEED (TAQ-TIG)

**Ana Carolina Martins Freitas**

Federal University of Santa Catarina, Joinville – SC, Brasil  
[anac.engnaval@gmail.com](mailto:anac.engnaval@gmail.com)

**Tiago Vieira da Cunha**

Federal University of Santa Catarina, Joinville – SC, Brasil  
[t.cunha@ufsc.br](mailto:t.cunha@ufsc.br)

**Abstract.** *In search of higher deposition rates, several wire feeding techniques have been developed over time. In this context, there is the wire tangential feeding in the TIG welding process. In this, the wire is fed very close to the electrode, making a small angle in relation to the tungsten electrode, being introduced into the arc in hotter isotherms. With this, it benefits more efficiently from the heat coming from the arc for the wire melting, since a more effective heat transfer is achieved. Another possibility is to preheat the filler metal. In this case, we have the technique known as TIG hot-wire. The use of hot wire also aims to obtain higher deposition rates, since in this case a smaller portion of the arc energy is needed to bring it to fusion. The present work aims to propose and evaluate the tangential and hot-wire wire feeding techniques operating concurrently, characterizing, therefore, as a new technique called ATAQ-TIG. In this case, the wire preheating will be carried out by electromagnetic induction, in order to avoid the instabilities in the process inherent to the heating by the Joule effect and, thus, in addition to enabling the joining of the techniques, seek even higher deposition rates. Therefore, welding tests were performed using conventional, tangential and tangential hot-wire wire feeding techniques, seeking the same welding operating condition (metal bridge transfer) at three welding current levels. Obtaining this operating condition was achieved by adjusting the wire speed. Finally, as a result, it was found that, in the same welding operational condition, in addition to constituting a totally viable technique, the use of ATAQ-TIG leads to considerably higher deposition rates (up to 327%) compared to those obtained with the conventional technique.*

**Keywords:** *Tangential wire feed; Electromagnetic induction; Hot Wire; GTAW.*

## RESPONSIBILITY NOTICE

The author(s) is (are) the only responsible for the printed material included in this paper.