

AVALIAÇÃO DE MISTURAS GASOSAS SOBRE MORFOLOGIA DO CORDÃO VISLUMBRANDO SOLDAGEM EM TUBULAÇÕES COM O PROCESSO MIG/MAG

Uallas Henrique de Oliveira de Brito, uallas.brito@posgrad.ufsc.br ¹
Arthur Gustavo Moreira dos Santos, arthur.gustavo.moreira.santos@posgrad.ufsc.br ¹
Rodrigo Nogueira Fernandes, rodrigo.nogueira@posgrad.ufsc.br ¹
Mateus Barancelli Schwedersky, m.barancelli@ufsc.br ¹
Régis Henrique Gonçalves e Silva, regis.silva@labsolda.ufsc.br ¹

¹ LABSOLDA – Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Mecânica - Bloco B, CTC, Campus Universitário, Trindade - Florianópolis – SC, CEP: 88040-900 - Caixa postal: 476.

Resumo. O presente trabalho investigou os efeitos do teor de CO₂ e Ar na mistura gasosa no que diz respeito aos aspectos geométricos e físicos do cordão. A pesquisa consistiu em utilizar o processo MIG/MAG com misturas gasosas 100%Ar, Ar+25%CO₂, Ar+50%CO₂ e 100%CO₂ mantendo constante os níveis de corrente média, para averiguar a influência do teor de CO₂ nos aspectos morfológicos. Os resultados indicam que a medida que se aumento o teor de CO₂ na mistura gasosa, há um aumento da área fundida e redução do reforço, fato esse de interesse em soldagem multipasses. A atmosfera composta por 100% CO₂ apresenta o menor custo de aquisição, entretanto a mesma propicia não só uma transferência metálica instável, com alto índice de emissão de respingos. Foi observado que misturas com teor de CO₂ acima de 50%, tendem a apresentar uma maior taxa de fusão do eletrodo para o mesmo valor médio de corrente. O melhor parâmetro foi estabelecido pela mistura com 50% CO₂, caracterizando assim alta taxa de fusão com transferência metálica ainda estável. De forma geral, a pesquisa contribui para melhor entendimento dos fenômenos decorrentes de misturas com CO₂, vislumbrando seu uso para a construção das dutovias.

Palavras chave: Gás de proteção. Mistura Gasosa. Aspectos geométricos do cordão. Aspectos Físicos.

1. INTRODUÇÃO

Presente em um mercado competitivo, onde as empresas têm almejado concatenar qualidade com custos produtivos, o ramo do petróleo destaca-se por investimentos em pesquisas e desenvolvimento de tecnologias que venham suprir sua demanda de maneira eficaz. O setor encontra-se em constante expansão, com grande parte de seus derivados sendo transportados via malha dutoviária. Atualmente, sabe-se que o processo de soldagem representa grande parcela do processo de fabricação, sendo o processo MIG/MAG o mais difundido. Pesquisas empreendidas por Paes (2017), Kinani (2016) e Silva (2005) demonstram a composição do custo total para soldagem de tubulações, conforme é exibido na Fig. 1. De posse dessa informação, é perceptível que a fatia que representa a maior parcela se trata da necessidade de mão de obra qualificada, tornando-se tal profissional cada vez mais escasso no presente mercado.

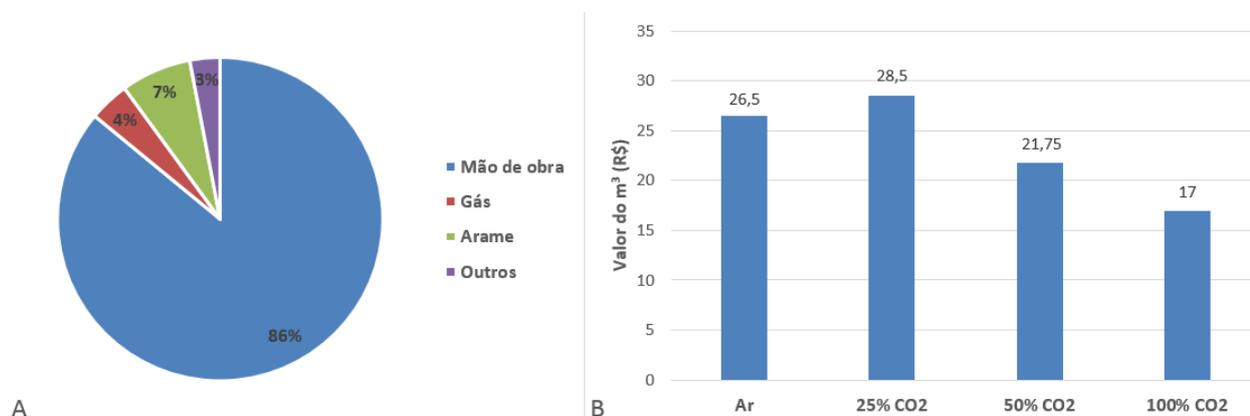


Figura 1. A - Demonstração de um custo típico para um processo de soldagem; B - Custo médio do gás de proteção.

Um consumível de suma importância para o processo, apesar de representar uma pequena parcela no custo total, se trata do gás de proteção ou gás de processo como é denominado por muitos pesquisadores. Tal gás tem como objetivo principal proteger a poça de fusão contra possíveis contaminações. Entretanto afirmar que o mesmo tem apenas tal função seria uma proclamação errônea e equivocada. O gás de proteção possui um papel de suma importância no que diz respeito as peculiaridades do cordão de solda depositado e também das propriedades mecânicas da junta (SCOTTI, 2015).

Devido ao baixo custo de aquisição do gás de proteção composto por misturas ricas em CO₂, há uma tendência por pesquisas e desenvolvimentos tanto destinados a modernas fontes eletrônicas de soldagem quanto de processos e procedimentos destinados a tal gás, de modo a se extrair seu ápice tanto de produtividade como de qualidade.

Estando totalmente concatenado tanto com o atual setor petrolífero que atualmente se encontra em fase de expansão, quanto aos objetivos do LABSOLDA de pesquisa e desenvolvimento de processos de soldagem GMAW, o vigente trabalho tem como objetivo precípuo a avaliação dos cordões de solda em função da variação do teor de CO₂ presente na mistura. Tal trabalho ainda se torna de grande interesse não somente aos olhos acadêmicos, mas também para os setores industriais, por apresentar uma possível redução de custo no processo produtivo como um todo.

2. METOLOGIA

2.1. Materiais

Foi utilizado uma fonte eletrônica de soldagem DigiPlus A7 com capacidade máxima de até 450 A, chaveada no secundário, controlada remotamente via microprocessador. O cabeçote tracionador de arame, modelo STA, ambos equipamentos desenvolvidos pela empresa IMC soldagem. O manipulador robótico cartesiano utilizado foi um Tartílope V2F, doado de dois graus de liberdade. Para aquisição de dados foi utilizado o Sistema de Aquisição de Dados Portátil – SAP, ambos do fabricante SPS – Sistemas e Processos de Soldagem. Com o intuito de variar o teor de CO₂ presente na mistura, utilizou-se o misturador de gases Ar e CO₂ da empresa WITT.

Como substrato, utilizou-se de barras de aço carbono SAE 1020, com as respectivas dimensões 200 mm de comprimento, 50 mm de largura e 12,7 mm de espessura. Como metal de adição foi empregado o arame maciço de aço carbono designado AWS 70S-6 de 1,2 mm de diâmetro. Como gás de processo utilizou-se quatro formulações gasosas: Ar puro, 75% Ar-25%CO₂, 50% Ar -50%CO₂ e CO₂ puro, operando com vazão de 15 L/min.

2.2. Metodologia

Os testes foram realizados na posição plana com um simples depósito sobre chapas. Inicialmente foram mantidos constantes alguns parâmetros, dentre eles o ângulo da tocha em 90°, a velocidade de soldagem em 25 cm/min, a distância do bico de contato a peça em 15 mm. A Tab. 1 exibe os parâmetros elétricos selecionados na fonte de energia para os respectivos ensaios.

Tabela 1. Parâmetros elétricos selecionados na fonte de energia para cada ensaio.

Parâmetros	Tipo de gás			
	100%Ar	Ar + 25 % CO ₂	Ar + 50 % CO ₂	100% CO ₂
Ua (V)	20	20,5	21	21,5
Va (m/min)	4,5	4,5	4,8	5,1
Im (A)	174	173	174	172

Para a realização dos presentes testes, não foi fixada a velocidade de soldagem com objetivo de manter um valor médio de corrente similar para todos os experimentos. Para medição das características geométricas do cordão, cada corpo de prova soldado foi cortado transversalmente. Em seguida, foram preparadas metalograficamente as amostras com lixas de granulação 80, 320, 400, 600 e 1200, além de alumina 1,0 µ para polimento.

O ataque químico empregado consistiu em Nital 2% (90% álcool etílico absoluto e 2% ácido nítrico). Após ataque, as amostras foram fotografadas mediante a utilização de um estereoscópio OPTON® com ampliação de 10x. Posteriormente foram avaliadas as características geométricas dos cordões mediante a utilização de software de análise de imagens Photoshop™. Cabe ressaltar que o resultado apresentado foi a média de 3 aferições realizadas.

3. RESULTADOS

A Figura 2 exibe as seções transversais dos cordões realizados a fim de investigar os efeitos morfológicos dos gases analisados.

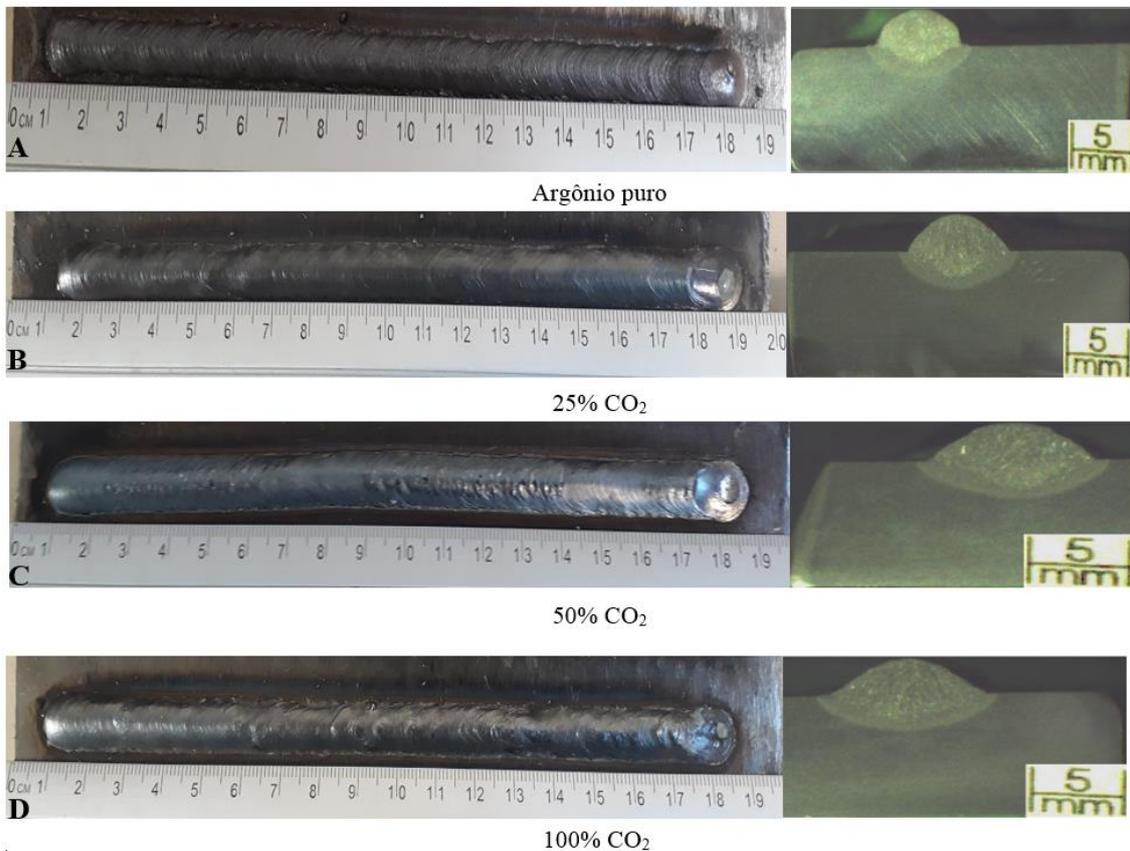


Figura 2. Vistas superior (à esquerda) e seções transversais (à direita) dos experimentos realizados.

Como pode ser observado na Figura 2 (D), o cordão de solda depositado apresenta um maior nível de respingos quando comparado aos outros experimentos, fato esse que corrobora com os experimentos empreendidos por Mvola (2017), Tagatiba, Gonçalves e Paranhos (

2012) e Boiko e Avisans (2013). Todavia mediante ao controle da indutância foi possível realizar um depósito com baixa incidência de salpicos. Outra informação de extrema relevância ainda pode ser extraída mediante a análise da Figura 1.A, que diz respeito ao perfil de penetração ao se utilizar 100% Ar, do efeito conhecido como *finger shape*, que é o efeito de apresentar uma maior penetração central com baixa molhabilidade do cordão, tende a apresentar problemas de falta de fusão nos flancos laterais mediante a operações onde necessitam múltiplos passes para o total preenchimento da junta, operações essa presentes na soldagem de dutovias. A Fig. 3 exibe de forma didática a sobreposição das seções transversais dos respectivos cordões de solda.

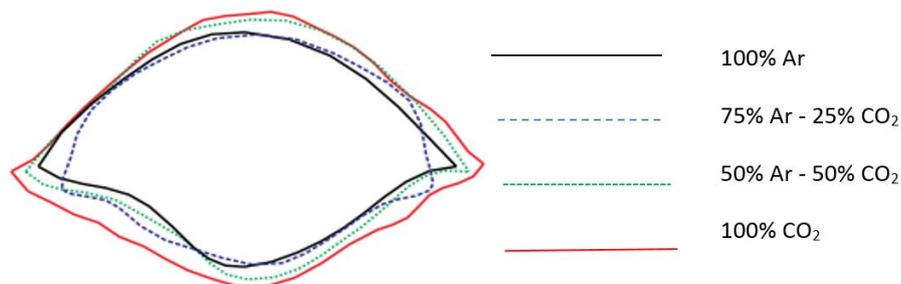


Figura 3. Sobreposição das macrografias transversais.

A Figura 4 representa os valores médios associados a área fundida (esquerda) enquanto na direita é exibido um comparativo entre penetração e reforço do cordão de solda.

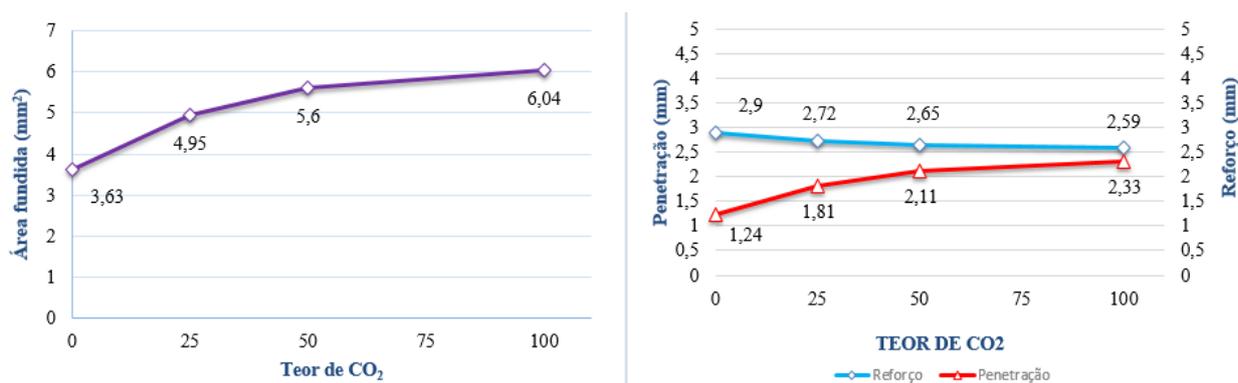


Figura 4. A- Gráfico comparativo entre a área fundida; B- gráfico comparativo entre penetração e reforço.

Como pode ser observado tanto na Fig. 3 como na Fig. 4, o fato de aumentar o teor de CO₂ na mistura gasosa, propicia uma maior zona fundida e reduz o reforço. Essa peculiaridade é de suma importância em um processo multi-passes, tendo em vista que um cordão com uma excessiva convexidade tende a apresentar problemas nos passes subsequentes.

A Figura 5 exibe os sinais elétricos adquiridos para a mistura com 50% CO₂, onde pode ser observado a estabilidade do processo.

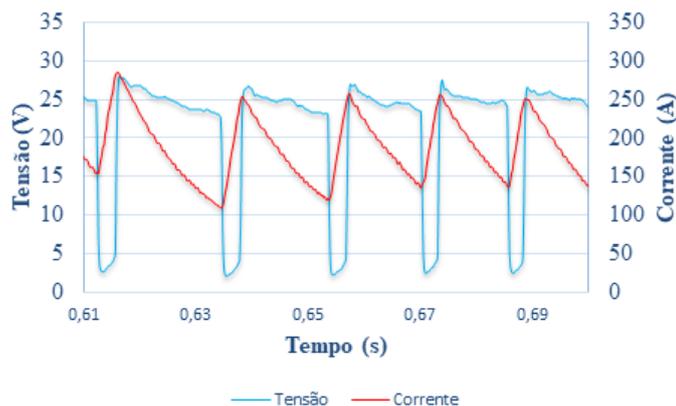


Figura 5. Oscilograma exibindo o comportamento de tensão e corrente.

De forma geral, esse trabalho contribui para uma possível redução de custos no que diz respeito a utilização de misturas ricas em CO₂ como gás de proteção destinado as tubulações para transporte de petróleo e seus derivados. Essa análise se torna errônea ao analisar apenas o custo do gás de proteção.

Tendo consciência do fato que para tal gás consegue-se uma maior velocidade de alimentação do eletrodo para o mesmo valor médio de corrente quando comparado aos outros gases. De posse desse conhecimento, pode-se perceber que uma maior velocidade de alimentação representa um menor tempo de arco aberto para o preenchimento total da junta, fato esse que além de reduzir o tempo total de operação (operador exposto a um menor tempo a condições insalubres) atua também de forma direta a aumentar o valor agregado do produto final.

Aplicando o que foi exposto na presente pesquisa ao mundo da soldagem de dutovias, pode-se fazer a seguinte comparação para uma melhor contextualização. Atualmente uma tubulação de 16" de diâmetro (406.4 mm) com chanfro tipo U de 20° necessita de aproximadamente 4,6 Kg de material de adição para o total preenchimento da junta. Ao analisar tal informação tendo como referência a atmosfera protetora composta por 25% de CO₂, seriam necessários 115 minutos de arco aberto para preencher tal junta.

Devido a maior taxa de fusão do eletrodo para o mesmo valor médio de corrente da mistura composta por 50% de CO₂, para a realização da mesma operação seriam necessários aproximadamente 100 minutos, ou seja, apenas a troca do gás de proteção propicia uma redução de 15% no tempo de operação.

4. CONCLUSÕES

Ao utilizar 100% Ar, há uma tendência de um perfil de penetração finger shape, propiciando baixa molhabilidade.

Ao aumentar o teor de CO₂ na mistura gás há uma tendência da redução do índice de convexidade e um aumento da área fundida e também há um aumento na emissão de respingos.

Dentro todos os experimentos realizados, o cordão de solda realizado com a mistura de 50% de CO₂ se mostrou mais estável, tanto oscilograficamente (representando desta forma a transferência metálica) quando em aspecto visual.

Diante de todo conhecimento exposto acredita-se que a utilização do gás de proteção composto por 50% CO₂ tende a apresentar resultados mais satisfativos dentre todos os gases analisados.

Acredita-se que a utilização de atmosfera gasosa com 100% CO₂ atualmente seja viável apenas pelo custo do gás.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem á UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina, ao POSMEC – Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica e em especial ao LABSOLDA – Instituto de Soldagem e Mecatrônica por tornar factível a realização deste trabalho, tornando possível o crescimento tanto pessoal como profissional.

6. REFERÊNCIAS

- Boiko, I., Avisans, D. Study of Shielding Gases for MAG Welding. *Materials Physics and Mechanics*. V 16. 126-134 p. 2013.
- K.p, Mvola. B. Effects of shielding gas control: welded joint properties in GMAW process optimization. *Int J Adv Manuf Technol*. V.81. 2369 – 2387 p. 2017.
- Paes, L.E. Soldagem TIG Orbital: Técnicas de Alimentação Dinâmica do Arame Visando Alta produtividade. 2017. 32 p. Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica) Depto. Engenharia Mecânica. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- Kikani, P. Study of Shielded Gases for MIG Welding. *Journal of Materials & Metallurgical Engineering*. V.6. 6 – 10 p. 2016.
- Scotti, A., Liskevych, O. Influence of the CO₂ content on operational performance of short-circuit GMAW. *Weld World*. V 59. 217 – 224 p. 2015
- Silva, R.H.G. Soldagem MIG/MAG em Transferência Metálica por Curto Circuito Controlado Aplicada ao Passe de Raiz. 2005. 41 p. Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica) Depto. Engenharia Mecânica. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- Tatagiba, L.C.S., Gonçalves, R. B., Paranhos, R. Tendências no Desenvolvimento de Gases de Proteção Utilizados na Soldagem MIG/MAG. *Soldagem e Inspeção*. V 17. 218 – 228 p. 2012.

5. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

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

Evaluation of the morphological and physical effects of gas mixtures with CO₂ for applications in petroleum and its derivatives

Uallas Henrique de Oliveira de Brito, uallas.brito@posgrad.ufsc.br ¹

Arthur Gustavo Moreira dos Santos, arthur.gustavo.moreira.santos@posgrad.ufsc.br ¹

Rodrigo Nogueira Fernandes, rodrigo.nogueira@posgrad.ufsc.br ¹

Mateus Barancelli Schwedersky, m.barancelli@ufsc.br ¹

Régis Henrique Gonçalves e Silva, regis.silva@labsolda.ufsc.br ¹

¹ LABSOLDA – Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Mecânica - Bloco B, CTC, Campus Universitário, Trindade - Florianópolis – SC, CEP: 88040-900 - Caixa postal: 476.

Abstract. Currently the petroleum sector represents a large part of the national economy. This research investigated the effects of CO₂ and air content on the gas mixture with respect to geometric and physical aspects of the cord. The results indicate that the CO₂ content has an influence on the morphology of the weld bead. The protective atmosphere composed of 100% Air has an undesirable penetration profile. As the CO₂ content in the gas mixture increases, the melted area is increased and consequently reduces the booster, a fact of interest in multipass welding. The best parameter was established with respect to the stability of the metallic transfer composed of the mixture with 50% CO₂. The atmosphere composed of 100% CO₂ presents the lowest cost of acquisition, however it provides not only a more explosive metallic transfer, but also a high rate of emission of spatter. It was observed that mixtures rich in CO₂ above 50%, tend to have a higher fusion rate of the electrode for the same average value of current. In general, the research contributes to a better understanding of the phenomena resulting from mixtures with CO₂, with a view to its use for the construction of pipelines.

Keywords: Shielding gas, Gas Mixture, Geometric aspects, Physical Aspects.

RESPONSIBILITY NOTICE

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