

## Influência da velocidade de correntes de ar sobre a porosidade em juntas soldadas pelo processo MIG/MAG

Influence of the speed of air currents on the porosity in joints soldered by the MIG/MAG process

Emiliam Bezerra da Silva<sup>1</sup>, Theophilo Moura Maciel<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Campina Grande, Av. Aprígio Veloso, 882, Universitário, Bloco BR, Campina Grande-PB, CEP 58109-900, Brasil.

e-mail: theophilom@gmail.com

---

### RESUMO

Um defeito típico recorrente nas uniões soldadas, proveniente das condições climáticas como o vento e a umidade, é a presença de porosidades no cordão de solda. E, dependendo da severidade deste fator, poderá provocar a sua falha diante das solicitações mecânicas. Assim sendo, o presente trabalho teve por objetivo analisar quantitativamente a influência das diferentes velocidades de correntes de ar sobre o nível de porosidades em juntas soldadas pelo processo MIG/MAG. Para tanto foi realizado um levantamento da média das velocidades dos ventos na região nordeste e de posse desses dados, foram simuladas tais condições no laboratório durante a soldagem. E por fim, foram realizadas as análises nos cordões solda através de microscopia ótica e a quantificação dos poros para cada uma das condições. Concluiu-se que uma velocidade de correntes de ar no valor de 2,3 m/s proporcionou um nível de porosidade de 3,41 poros/cm<sup>2</sup>, com dimensões médias de 3,96 mm, uma distância média em linha reta entre os poros de 7,97 mm e uma altura média do cordão de 9,0 mm. Já as amostras submetidas à velocidade de correntes de ar de 3,6 m/s apresentaram uma média de poros no valor de 2,31 poros/cm<sup>2</sup> por amostra, um diâmetro médio de poros igual a 3,57 mm, uma distância média em linha reta entre os poros de 6,40 mm e uma altura média do cordão de 9,77 mm. Estando, as amostras soldadas à 2,3 e 3,6 m/s, em desconformidade com a norma AWS A5.20A5.20M-2005.

**Palavras-chave:** Soldagem em campo. Fluxo de ar. Processo GMAW

---

### ABSTRACT

A typical recurring defect in welded joints, due to climatic conditions such as wind and humidity, is the presence of porosities in the weld bead. And, depending on the severity of this factor, it may cause it to fail due to mechanical stresses. Therefore, the present work aimed to quantitatively analyze the influence of different air flow velocities on the level of porosities in joints welded by the MIG / MAG process. For this purpose, a survey of the average wind speeds in the northeastern region was carried out and with these data in hand, such conditions were imposed in the laboratory during welding. Finally, the weld beads were analyzed using optical microscopy and the pore quantification for each of the imposed conditions. It was concluded that an airflow velocity of 2.3 m / s provided a porosity level of 3.41 pores / cm<sup>2</sup>, with average dimensions of 3.96 mm, an average straight line between the pores 7.97 mm and an average cord height of 9.0 mm. The samples submitted to the airflow velocity of 3.6 m / s presented an average pore value of 2.31 pores / cm<sup>2</sup> per sample, an average pore diameter equal to 3.57 mm, an average distance in straight line between the pores of 6.40 mm and an average cord height of 9.77 mm. When the samples are welded at 2.3 and 3.6 m / s, in non-compliance with the AWS A5.20A5.20M-2005 standard.

**Keywords:** Field welding. Air flow. GMAW process.

## 1. INTRODUÇÃO

A soldagem é o processo que mais se destaca entre os processos de uniões de materiais devido, principalmente, ao seu largo emprego e grande volume de atividades que envolve. Os processos de soldagem realizados em campo representam uma boa parcela de todas as operações de solda efetuadas pelas empresas do segmento. Desde estruturas metálicas de edifícios, *outdoors*, trabalhos realizados em estaleiros, na construção de gasodutos e de reparos de componentes mecânicos em geral são exemplos de atividades onde a soldagem ocorre sob a influência das condições climáticas [9].

Dentre os fatores climáticos presentes na soldagem em campo, podemos citar o vento e a umidade. O primeiro tendo papel relevante na qualidade da união soldada, pois, participa ativamente no favorecimento da presença de poros no cordão de solda devido a perda da proteção gasosa. Podendo vir a comprometer a dependendo da severidade deste fator.

A porosidade é resultado do aprisionamento mecânico, supersaturação de gases dissolvidos ou gases produzidos por reações químicas. A natureza e quantidade de poros no metal de solda dependem de processos relacionados ao tempo, que são: nucleação, crescimento, transporte e coalescência (crescimento) dos poros [17].

De um modo geral, na soldagem a arco, os principais parâmetros de soldagem são a tensão e corrente do arco, e a velocidade de soldagem. Esses parâmetros afetam a porosidade de diversas maneiras.

A influência da tensão do arco sobre a formação de poros pode ser explicada através de variações no comprimento do arco. Para uma dada corrente, um pequeno aumento na tensão implica em um grande aumento no comprimento do arco [10]. Através de medições do conteúdo de hidrogênio em soldas de alumínio, verificou-se uma tendência de absorção desse gás com o aumento do comprimento do arco. Isso está atribuído ao fato de que, quanto maior é o comprimento do arco, maior será a área da superfície da poça de fusão. Isso faz com que a zona susceptível à absorção de gases aumente. Se a proteção gasosa não for suficiente para suprir esse aumento, a ocorrência de porosidade é favorecida. O uso de correntes muito elevadas leva a um aumento no nível de porosidade [19]. Alguns autores atribuem isso ao fato de que valores elevados de corrente de soldagem levam a um aumento na temperatura da poça de fusão, o que aumenta a solubilidade do oxigênio e outros gases na poça [18].

Estudando o efeito da velocidade de soldagem na ocorrência de poros, [19] afirma que com um aumento na velocidade de soldagem obtém-se soldas com menor quantidade de poros. O autor também atribuiu a redução do número de poros ao fato de com velocidades de soldagem maiores reduz-se o tempo disponível para a absorção de gases. Entretanto, relacionando velocidade de soldagem com o tamanho e a morfologia dos poros formados no metal de solda, afirmam que com altas velocidades de soldagem os poros tendem a ser refinados, enquanto com baixas velocidades eles tendem a se coalescer, tornando-se mais grosseiros [15]. Os resultados obtidos pelos autores indicam fortemente que a distribuição e o tamanho dos poros é governado pelo tempo disponível para nucleação e crescimento durante a solidificação do metal desolda.

Vários estudos têm demonstrado que a utilização de processos de soldagem a arco com proteção gasosa são sensíveis a perturbações de correntes de ar [3, 6, 7, 13, 16, 20-22]. Mesmo velocidades de correntes de ar pequenas como 0,73 m/s podem causar perturbação na proteção gasosa e contaminação do depósito de solda.

De forma similar, estudos realizados sobre o efeito da velocidade dos ventos sobre a soldabilidade do aço AH32 em aplicações navais, utilizando o arame AWS E71-G com 1,2 mm de diâmetro, nas soldagens com proteção gasosa. Através das análises, concluiu-se que as velocidades dos ventos possuem grandes influências nas propriedades das juntas soldadas. As principais discontinuidades contidas nas análises foram a porosidade e inclusões [2].

Soldagens realizadas em aços ASTM A36 e aços inoxidáveis 304 utilizando o processo de soldagem por Eletrodo Revestido sob condições de velocidade do vento de 56 km/h. Os autores dissertaram sobre a ocorrência de ondulações na superfície do cordão de solda mostrando que o vento teve ação sobre a poça fundida resultando nestas tremulações. Estes mesmos autores, mostram que este efeito sobre o cordão de solda foi mais pronunciado para o aço A36 do que para o aço inoxidável, indicando uma influência do metal de base/adição na “resistência” do cordão ao vento [12].

Para processos que utilizam proteção gasosa é necessário o isolamento da área para evitar que correntes de ar dissipem o gás, diminuindo a efetividade da sua função durante a soldagem, e assim, favorecendo a presença de poros. Com a perda do gás de proteção pode se ocasionar na absorção de nitrogênio no metal de solda, que por sua vez, mesmo em pequenas quantidades, pode resultar numa recaída substancial da tenacidade e deformação do cordão de solda [6].

Constata-se também a influência dos ventos sobre a soldabilidade de aço de baixo carbono soldado também pelos processos FCAW – G e FCAW – S, entre outros aspectos, através do ensaio de dobramento que as juntas soldadas pelo processo que se utiliza de proteção gasosa mostraram-se inferiores às juntas soldadas com arame auto protegido [4].

Por outro lado, [5] estudou a influência da convecção forçada em juntas soldadas e concluiu que as juntas submetidas a velocidades de vento paralela ao cordão de solda apresentaram uma redução de 85% na espessura da ZTA, apesar da presença de micro poros nas regiões na ZF e ZTA.

Assim, torna-se essencial um estudo do efeito dos ventos na realização de soldas em campo. Tendo este

trabalho como objetivo principal a análise da influência de diferentes velocidades de correntes de ar sob o cordão de solda no que diz respeito a sua resistência ao surgimento de poros e os efeitos que tais fatores podem inferir na microestrutura e na microdureza da região soldada pelo processo MIG/MAG.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Procedimento Experimental

O processo de soldagem utilizado foi o MIG/MAG. Como metal de base foram utilizadas seções de chapade aço ASTM A-516 Gr-60, como consumíveis o arame AWS ER70S-6, com 1,0 mm de diâmetro e o Argônio como gás de proteção. As composições químicas nominais e propriedades mecânicas, dos metais de base e de adição, além dos parâmetros de soldagem são apresentadas, respectivamente, nas Tabs. 1 e 2 a seguir:

**Tabela 1:** Composição química nominal e propriedades mecânicas do metal de base e do metal de adição.

Material	(C%)	(Mn%)	(P%)	(S%)	(Si%)	(Al%)	(Cu%)	(Ni%)	(Cr%)	(Mo%)	(V%)	LE (Mpa)	LR (Mpa)
MB	0,21-0,23	0,60-0,90	0,035máx	0,035máx	0,14-0,40	0,02máx	-	-	-	-	-	220	415 -550
MA	0,15	1,85	0,025	0,035	1,15	-	0,5	0,15	0,15	0,15	0,03	-	-

Fonte: GERDAU/ESAB.

**Tabela 2:** Parâmetros de soldagem.

Diâmetro (mm)	Tensão (V)	Corrente (A)	Taxa de Deposição (m/min)	Mistura (Ar%/CO2%)	Vazão do Gás (L/min)
1,0	17	120	4	75/25	12

Fonte: O autor.

Os corpos de provas foram submetidos à três velocidades de correntes de ar distintas e na condição livre de correntes de ar, tomando-se como base os valores das velocidades médias do vento na região de Campina Grande - PB, obtidas no site do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET [8], sendo utilizados os valores de 2,3, 3,6 e 5,6 m/s. Os referidos valores de velocidades representam sistematicamente a mínima, a média e a máxima velocidade dos ventos na região, registradas no período compreendido entre julho e outubro de 2017. As velocidades foram reproduzidas com o auxílio de um ventilador sob diferentes distâncias da junta sob soldagem medidas através de um Anemômetro de Rotor Velocicalc TSI – RVA 5725, Fig. 1(a), na região próxima à solda. O ventilador foi posicionado perpendicularmente à direção de soldagem, para que houvesse o maior contato possível com a poça de fusão. Foram utilizadas 3 amostras para cada velocidade, totalizando 12 amostras, Fig. 1(b).



(a)



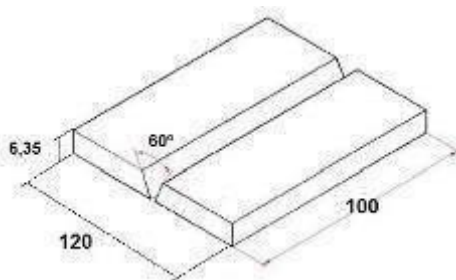
(b)

**Figura 1:** Aparato experimental. (a) Anemômetro de rotor. Fonte: Vectus Importatum. (b) Configuração do experimento. Fonte: O autor

Para as condições de 2,3 e 3,6 m/s, o ventilador foi posicionado a uma distância de 114 cm da bancada. Porém, para que se fosse atingida a velocidade máxima de 5,6 m/s, foi necessário o deslocamento do ventilador para uma distância de 25 cm da bancada. Nesta situação houve uma redução proporcional intuitiva na velocidade de soldagem pelo soldador, a fim de conseguir a execução da solda, devido às dificuldades impostas pelas altas correntes de ar.

Os corpos de prova tinham as dimensões de 120x100x6,35mm e chanfro em “V” de 60° com altura da raiz de 2,0 mm, Fig. 2(a).

Para realização das soldas foi utilizada uma fonte de soldagem AristoPower 460 da ESAB com um fator de trabalho de 60%, um valor de corrente e voltagem máxima de 500 A e 39V, respectivamente, Fig. 2(b). Como intuito de simular ao máximo as condições do campo, no que diz respeito a perturbações climáticas e até mesmo as condições intrínsecas referentes aos fatores humanos, as soldas foram executadas manualmente com um único passe e mantidos constantes os parâmetros de soldagem. Para que os resultados pudessem se aproximar ao máximo das situações reais.



(a)



(b)

**Figura 2:** (a) Dimensões dos corpos de prova utilizados nos experimentos. (b) Fonte de soldagem AristoPower 460 da ESAB. Fonte: O autor.

## 1.2 METALOGRAFIA E MICRODUREZA

Após soldagem, os corpos de prova foram cortados na direção longitudinal ao cordão de solda, com o auxílio da serra fita SRamos 260 da Fig. 3(a), e realizada a quantificação dos poros. Posteriormente foram retiradas amostras do cordão, desconsiderando 1 pol de cada lado do corpo de prova, pelo fato de que nessas regiões não há garantia de estabilidade do arco, Fig. 3(b).



(a)



(b)

**Figura 3:** (a) Serra fita SRamos 260 utilizada para o corte da seção longitudinal das juntas. (b) Medição de 1" para retirada das amostras para os ensaios metalográficos e de microdureza. Fonte: O autor

As amostras foram embutidas e lixadas com lixa de granulação 100, 320, 400, 600, 1000 e 1200, nesta sequência, com o auxílio da máquina para embutimento Arotec PRE 300 e da lixadeira rotativa Arotec APL 4, Figs. 4(a) e 4(b), respectivamente. E ainda polidas com solução de Alumina 0,4 e 0,3 com a politriz Arotec Aropol E, Fig. 4(c).



(a)



(b)



(c)

**Figura 4:** (a) Máquina para embutimento Arotec PRE 300. (b) Lixadeira rotativa Arotec APL 4. (c) Politriz Arotec Aropol E. Fonte: O autor.

As amostras foram atacadas com Nital 3% para análise metalográfica, utilizando o microscópio Olympus BX51, Fig. 5(a), e o software Analysis Start para a captura das imagens. E em seguida foi realizado o ensaio de microdureza Vickers através do microdurômetro Future-Tech FM700, Fig. 5(b), com uma carga 200 gf, tempo de endentação de 15 segundos, espaçamento entre endentações de 1,0 mm e penetrador piramidal de base quadrada com ângulo entre faces de 136°.



(a)



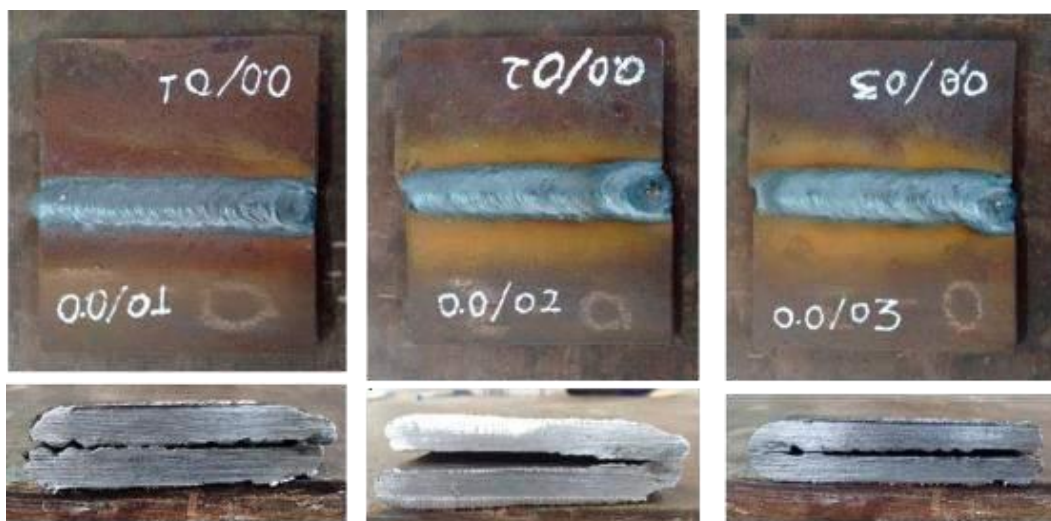
(b)

**Figura 5:** (a) Microscópio Olympus BX51. Fonte: O autor. (b) Microdurômetro Future-Tech FM700. Fonte: O fabricante.

### 3. RESULTADOS

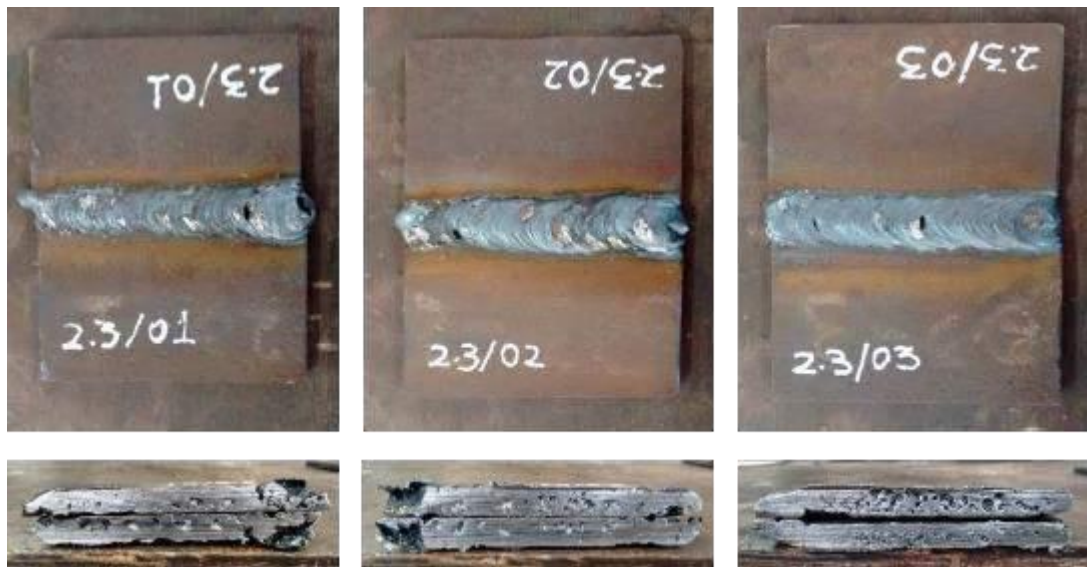
#### 3.1 Análise quantitativa

A Figura 6 mostra, respectivamente, a junta soldada e o corte do cordão de solda na seção longitudinal na condição de ausência de correntes de ar. Podemos observar que as amostras que foram soldadas sem a presença de correntes de ar não apresentaram nenhum tipo de descontinuidade, tanto externamente quanto internamente. Demonstrando assim, a efetividade da proteção gasosa sobre a solda.



**Figura 6:** Juntas soldadas sem a influência de correntes de ar. Fonte: O autor

Em contrapartida, as amostras que foram submetidas às velocidades de 2,3 e 3,6 m/s mostraram-se bastante sensíveis à presença de correntes de ar, conforme apresentado nas Figs. 7 e 8. Resultados similares foram obtidos por [14], quando foi avaliada a influência de correntes de ar durante a soldagem com eletrodo tubular classe AWS E71T-1 de 1,2 mm de diâmetro e gás de proteção 100 % CO<sub>2</sub> com vazão de 11 L/min.



**Figura 7.** Juntas soldadas com velocidade de correntes de ar de 2,3 m/s. Fonte: O autor.



**Figura 8:** Juntas soldadas com velocidade de correntes de ar de 3,6 m/s. Fonte: O autor

Após a execução das soldas, foi realizada uma análise quantitativa dos poros na seção longitudinal, levando-se em consideração o diâmetro médio dos poros  $D$ , a distância média em linha reta entre os poros  $S$ , a altura do cordão de solda  $H$ , a penetração da solda, a quantidade de respingos e a localização dos poros no cordão. A Tabela 9 e a Figura 10 a seguir condensam esses resultados.

Como observado anteriormente, as amostras que foram submetidas às velocidades de 2,3 e 3,6 m/s (Figs. 7 e 8) apresentaram grande incidência de poros. Observando a Tabela 9, as amostras submetidas à velocidade de 2,3 m/s apresentaram uma média de poros no valor de 3,41 poros/cm<sup>2</sup> por amostra, um diâmetro médio de poros igual a 3,96 mm, uma distância média em linha reta entre os poros de 7,97 mm e uma altura média do cordão de 9,0 mm. Já as amostras submetidas à velocidade de 3,6 m/s apresentaram uma média de poros no valor de 2,31 poros/cm<sup>2</sup> por amostra, um diâmetro médio de poros igual a 3,57 mm, uma distância média em linha reta entre os poros de 6,40 mm e uma altura média do cordão de 9,77 mm. Estando, as amostras soldadas à 2,3 e 3,6 m/s, em desconformidade com a norma AWS A5.20A5.20M-2005 [1], que estabelece um número máximo de 8 indicações arredondadas em 150 mm, com diâmetro ou comprimento máximo entre 1,2 e 1,6 mm. E ainda mais que, a presença de poros no cordão atuará como um concentrador de tensões e fará com que haja grandes chances de uma significativa diminuição do limite de resistência da junta. Como foi observado no trabalho de [4].

Observa-se também que há um decaimento na quantidade de poros para as amostras soldadas com 3,6 m/s, Fig. 10. O que não era de se esperar devido ao aumento de incidência de ar sob as amostras. Tal fato pode estar relacionado ao aumento da velocidade provocar uma redução de pressão ao longo da junta, de acordo com a equação de Bernoulli (Eq. 1) [11]. Gerando um gradiente de pressão com valores suficientemente elevados para favorecer o escape dos gases ora presos na poça de fusão. Demonstrando assim, que a configuração do escoamento como um todo também seja uma variável importante a ser estudada. Cabendo uma análise via Fluidodinâmica Computacional, para melhor visualização dos efeitos.

$$P + \frac{\rho v^2}{2} + \rho gh = const. \quad (1)$$

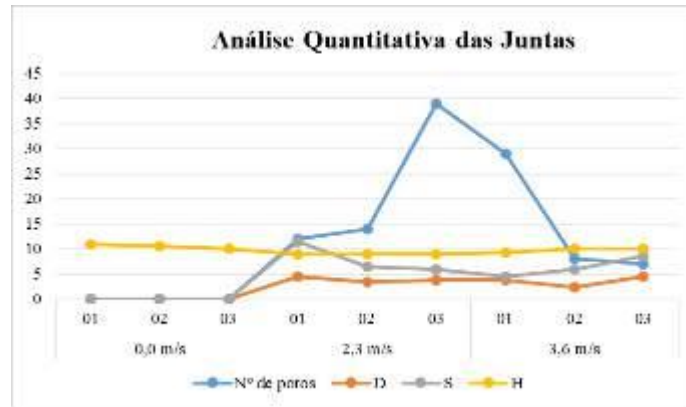
Além disso, observamos que as amostras submetidas a maiores correntes de ar apresentaram uma sensível diminuição da altura do cordão de solda (H), um aumento na quantidade de respingos e uma tendência de concentração dos poros na região da raiz do cordão, conforme apresentado na Tabela 3. Além de apresentarem acabamento superficial do cordão deficiente se comparado com as amostras que foram soldadas livres de perturbações.

**Tabela 3:** Valores da análise quantitativa da geometria do cordão de solda e da quantidade e dimensão dos poros.

Velocidade Amostra	0,0 m/s			2,3 m/s			3,6 m/s		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Nº de poros	0	0	0	12	14	39	29	8	7
D (mm)	-	-	-	4,5	3,5	3,9	3,8	2,4	4,5
S (mm)	-	-	-	11,4	6,5	6,0	4,5	6,0	8,7
H (mm)	11,0	10,5	10,0	9,0	9,0	9,0	9,3	10,0	10,0
Penetração	excelente	excelente	excelente	boa	boa	boa	boa	boa	boa
Respingo	0	0	0	pouco	pouco	pouco	médio	muito	muito
Região dos poros	-	-	-	central	central	central	cent/raiz	raiz	raiz

Fonte: O autor





**Figura 9:** Resultado da análise quantitativa da geometria do cordão de solda e da quantidade e dimensão dos poros. Fonte: O autor.

Como foi explanado na Seção 2.1, para que se fosse alcançado corrente de ar com velocidade de 5,6 m/s, foi necessário que o ventilador fosse posicionado mais próximo da bancada (25 cm). O que afetou na configuração do escoamento do ar em torno da junta. Tal alteração proporcionou ao cordão de solda resultados diferentes do que fora observado para as velocidades de 2,3 e 3,6 m/s, no que tange à presença de poros no cordão, como pode ser visto na Fig. 11. Provavelmente, influenciado também por uma diminuição ainda mais brusca da pressão do ar em torno da poça de fusão, como observado para as amostras submetidas às velocidades de 3,6 m/s., reforçando ainda mais a necessidade da utilização de simulações computacionais na análise do escoamento.

Observou-se também que a altura do cordão de solda mostrou-se menor, se comparado com as outras juntas, com um valor médio de 8,2 mm, ou seja, uma redução de 22% da altura do cordão se comparado com a condição ideal (sem correntes de ar). Além de apresentar uma elevada quantidade de respingos e a presença dos poros preponderantemente na região da raiz da solda.



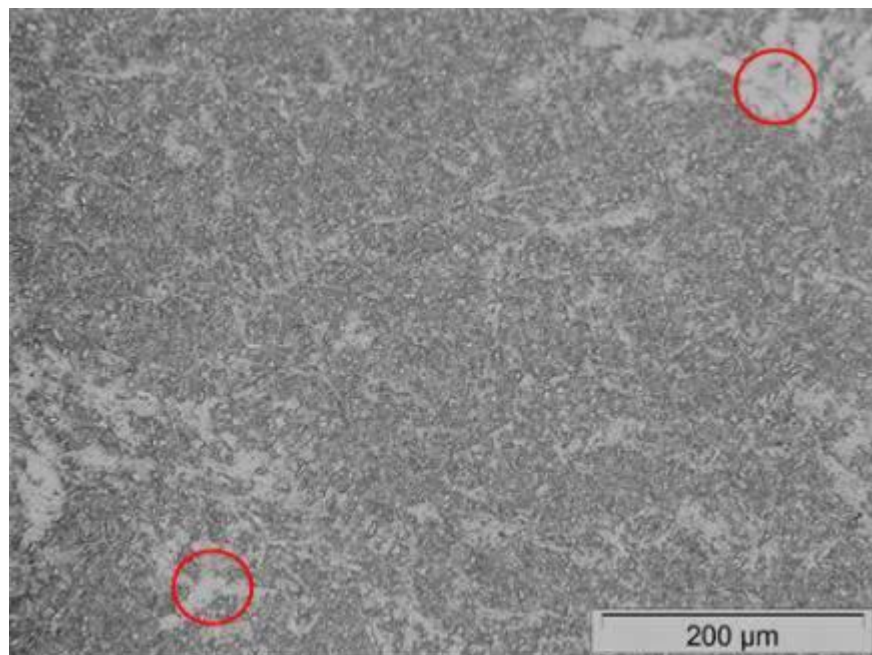
**Figura 10:** Juntas soldadas com velocidade de correntes de ar de 5,6 m/s. Fonte: O autor.

Mais ainda, durante a realização da solda houve uma grande dificuldade na estabilização do arco, fazendo com que o soldador levasse mais tempo para realização do passe, ou seja, intuitivamente o soldador diminuiu a velocidade de soldagem e consequentemente a energia de soldagem aumentou se comparada com as outras velocidades de correntes de ar. O que é de costume observar diante da ótica da execução de soldas no campo.

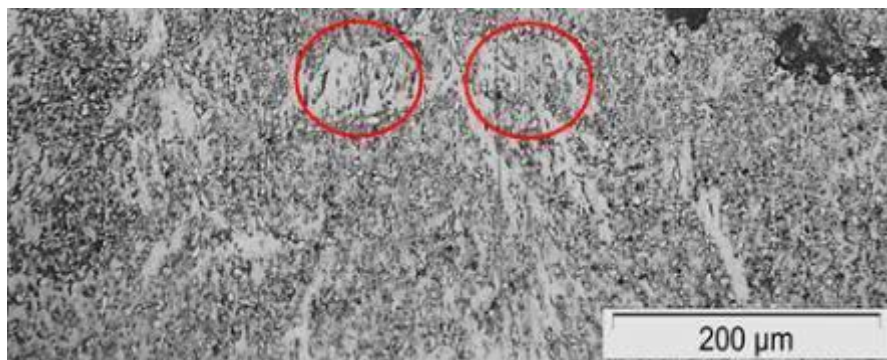
### 3.1 Microestrutura

Os ensaios de micrografia para as velocidades de 0,0, 2,3, 3,6 e 5,6 m/s são apresentados, respectivamente, nas Figs. 12, 13, 14 e 15 a seguir para cada uma das condições impostas.

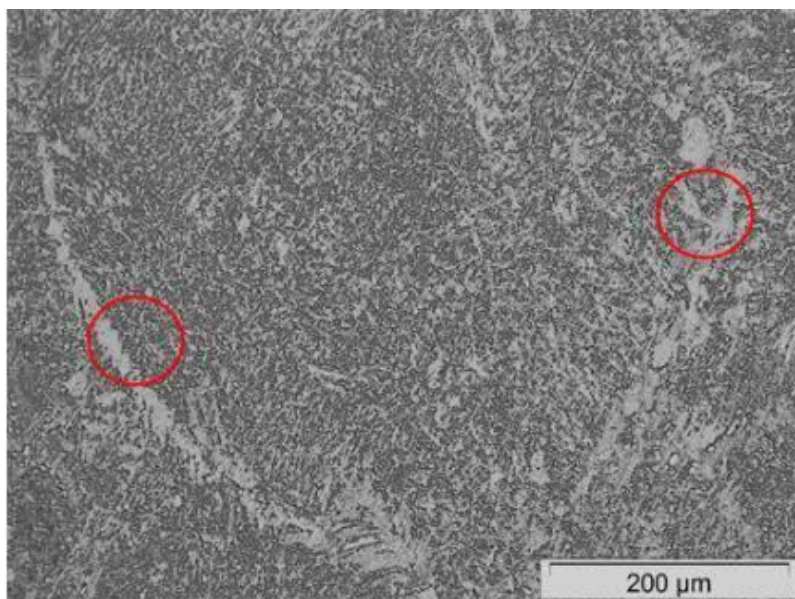
As regiões claras representam grãos ferríticos com contornos de grão perlíticos (região escura). Observa-se que com o aumento da velocidade das correntes de ar, há uma tendência ao surgimento de ferrita primária. Levando-se em conta que todos os parâmetros foram mantidos constantes (corrente, tensão, taxa de deposição do arame e vazão do gás), era de se esperar que com o aumento da taxa de resfriamento, devido a presença de correntes de ar mais elevadas, houvesse uma maior quantidade de perlita. Porém, como intuitivamente o soldador diminuiu a velocidade de soldagem para estabilizar o arco e completar a solda, como explicado na Seção 2.1, a energia de soldagem tende a aumentar, o que pode ter provocado uma redução na taxa de resfriamento da solda. Justificando assim, o aumento de ferrita primária. Como o objetivo principal do trabalho foi avaliar a incidência de poros na junta, não foi medida a velocidade de soldagem para se poder quantificar quanto sua redução influenciou no aumento na energia de soldagem.



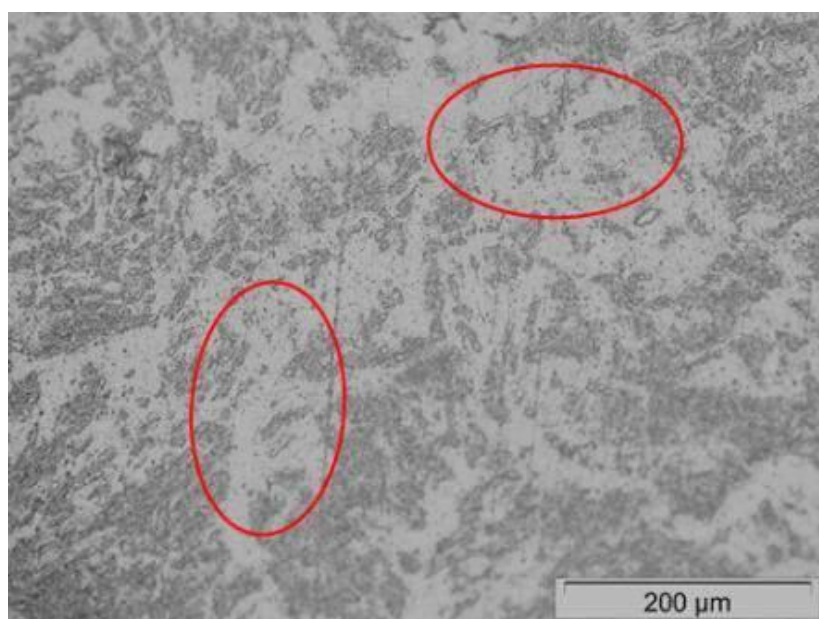
**Figura 11:** Micrografia das amostras soldadas isentas de correntes de ar. Fonte: O autor.



**Figura 12:** Micrografia das amostras soldadas submetidas à velocidade de correntes de ar de 2,3 m/s. Fonte: O autor.



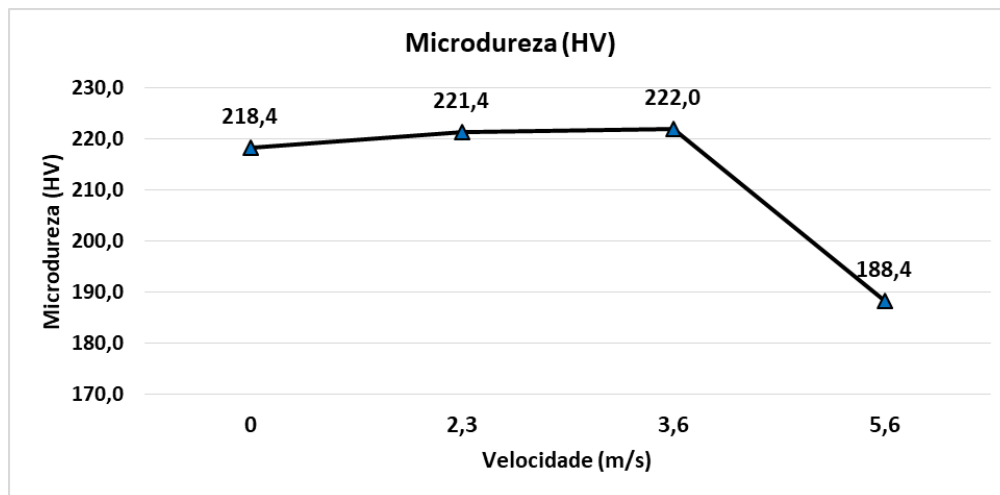
**Figura 13:** Micrografia das amostras soldadas submetidas à velocidade de correntes de ar de 3,6 m/s. Fonte: O autor.



**Figura 14:** Micrografia das amostras soldadas submetidas à velocidade de correntes de ar de 5,6 m/s. Fonte: O autor.

### 3.3 Microdureza

Os resultados do ensaio de microdureza são mostrados na Fig. 16. Podemos ver que diante das análises em vista aos desvios padrões, onde observa-se que há cruzamentos entre os desvios, que não existe uma relação direta entre o aumento da velocidade das correntes de ar e a dureza da solda. Porém, em relação as amostras soldadas com velocidades de 5,6 m/s observam-se uma pequena diminuição de sua dureza, se comparada com as amostras soldadas sem a presença de correntes de ar, mostrando uma diminuição percentual média de 14%. O que provavelmente deve estar ligado ao fato da grande incidência de ferrita primária presente na amostra, oriunda do conjunto de interações dos fatores que contribuíram para o seu surgimento, como explicado anteriormente.



**Figura 15:** Resultado de microdureza dos cordões de solda. Fonte: O autor.

#### 4. CONCLUSÃO

De acordo com o estudo, foi verificado que as juntas submetidas à escoamentos de ar apresentaram altos níveis de poros, se comparado com as juntas isentas de correntes de ar. As amostras submetidas às velocidades de 2,3 m/s apresentaram uma média de poros no valor de 3,41 poros/cm<sup>2</sup> por amostra e as amostras submetidas à velocidade de 3,6 m/s apresentaram uma média de poros no valor de 2,31 poros/cm<sup>2</sup> por amostra, estando ambas em desconformidade com a norma AWS A5.20A5.20M-2005 [1].

Os poros que surgiram nas amostras apresentaram dimensões relativamente elevadas, com um diâmetro de 3,96 mm para as amostras expostas às correntes de 2,3 m/s e 3,57 mm, para as amostras à 3,6 m/s. De modo que, quando se utiliza o processo de soldagem com proteção gasosa, a presença de correntes de ar, mesmo de baixas intensidades prejudicam substancialmente a integridade da união soldada. Deixando-a susceptível a falha quando solicitada.

Observou-se que a microestrutura também foi ligeiramente afetada, mesmo que indiretamente, pela presença de correntes de ar mais fortes. Pois, era de se esperar que a microestrutura do metal de adição apresentasse maior quantidade de perlita do que de ferrita, devido o aumento da taxa de resfriamento imposto pelas altas velocidades de ar. Porém, como durante a soldagem no campo é de costume que o soldador intuitivamente reduza a velocidade de soldagem, a taxa de resfriamento foi afetada e consequentemente houve um aumento acentuado de ferrita primária, principalmente se comparado com as amostras soldadas livres de perturbações. O que foi demonstrado pelo ensaio de dureza, com as amostras submetidas às velocidades de 5,6 m/s apresentando uma diminuição de 14% de sua dureza.

#### 5. REFERÊNCIAS

- [1] AMERICAN WELDING SOCIETY - AWS A5.20A5.20M-2005. An American National Standard. Specification for Carbon Steel Electrodes for Flux Cored Arc Welding.
- [2] ARAÚJO, A.C.S., FERREIRA, R.A.S. Estudo da Velocidade dos Ventos sobre a Soldabilidade do Aço AH 32 em Aplicações Navais. In: XIX CONIC, III CONITI, VII JOIC; 2011.
- [3] AUTIO, J., KETTUNEN, P., STROM, K., Detrimental Effects of Air Currents and their Elimination in MIG-Welding, In: WELD POOL CHEMISTRY AND METALLURGY, PROCEEDINGS, INTERNATIONAL CONFERENCE, 1981, London, 15-17, Welding Institute, ISB 0-853001, Vol. 1, p. 187-196, Abington Publishing, Cambridge CB1 6AL, UK.
- [4] AZEVEDO, R.M.L. Estudo da Influência dos Ventos Sobre a Soldabilidade de Aço Baixo Carbono Pelos Processos FCAW-G e FCAW-S. UFPE. Recife. 2010. (Dissertação).
- [5] BARROS, P.S., Influência da convecção forçada em juntas soldadas. UFPE. Recife. 2015. (Dissertação).
- [6] BONISZEWSKI, T., Self-Shielded Arc Welding, Abington Publishing, 1992.
- [7] HENRIE, K.W., LONG, R.E., Effects of Wind on Radiographic Quality of Weld Metal Deposited with Low-Hydrogen SMA (Manual Metal Arc Welding) Electrodes, Welding Journal, V. 61, n.4, p. 45-50, 1982.
- [8] INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br>>. Acesso em 17/11/2017.

- [9] MACHADO, I.G. Soldagem e técnicas conexas: processos. Porto Alegre, 1996.
- [10] MARQUES, P.V. Tecnologia da Soldagem. 1a ed. Belo Horizonte: O Lutador - ESAB, 1991. 352p.
- [11] MUNSON, R., YOUNG, D., OKIISHI, T. Fundamentos da Mecânica dos Flúidos. 4ª ed. São Paulo: Editora Blucher, 2004.
- [12] NAITO, C., ZIMPFER, J., SAUSE, R., *et al.* Effect of Environmental Conditions on Field Welding of Precast Concrete Connections. PCI Journal; 2012.
- [13] PRIOR, H., CLARK, J., STODDART, D.W., *et al.* Welding with Self- Shielded Flux Cored Wire, In: METAL CONSTRUCTION, SCOTTISH BRANCH SPONSORED MEETING, V.18, n.8, 1986 p. 491-494.
- [14] ROCHA, C.R., SOUZA D., ARAÚJO D.B., *et al.* Estudo sobre a Influência das Correntes de Ar durante a Execução da Solda pelos Processos de Soldagem por Eletrodo Revestido (SMAW), Eletrodo Tubular (FCAW) e Eletrodo Tubular Auto Protegido (FCAW-S). Scientia Plena 11, 021710 (2015).
- [15] SAPERSTEIN, Z.P., PRESCOTT, G.R., MONROE, E.W. Porosity in unimetallic Welds. Welding Journal, v. 43, n. 10, p. 443s-453s, Oct. 19647.
- [16] SCHINKLER, T., Evaluating E71T-11 Flux Cored Electrodes for Structural Carbon Steel Applications, Welding Journal, V. 71, n.5, 1992, p. 73-75.
- [17] TREVISAN, R.E., SCHWEMMER, D.D., OLSON, D.L. The fundamentals of weld metal pore formation. Welding: Theory and Practice, Chapter 3, p. 79, 1990.
- [18] WARREN, D., STOUT, R.D. Porosity in Mild Steel Weld Metal. Welding Journal, v. 31, n. 8, p.381s-387s, Aug. 1952.
- [19] WOODS, R.A. Porosity and Hydrogen Absorption in Aluminum Welds. Welding Journal, v. 53, n. 3, p. 97s-108s, Mar. 1974.
- [20] YEO, R.G.B., LARK, J., Fisheyes in Weld Procedure Tension Tests. Metal Construction, p.377-378, 1986.
- [21] YEO, R.G.B., Effect of Nitrogen on Weld Metal Toughness. Joining and Materials. v. 2, n1, p. 9-10, 1989.
- [22] YEO, R.G.B., Specifications for the Welding of Offshore Oil Structures. Australian Welding Journal, p.15-26, 1988.

**ORCID**

Emiliam Bezerra da Silva  
Theophilo Moura Maciel

<https://orcid.org/0000-0001-5855-2076>  
<https://orcid.org/0000-0002-2539-3336>