

# 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)

Camaro Ramos Rocha<sup>3</sup>, Daniel Souza<sup>1</sup>, Douglas Bezerra de Araújo<sup>1</sup>, Demostenes Ferreira Filho<sup>2</sup>, Gustavo Simões Teixeira<sup>3</sup>, Leonardo Elesbão Cunha<sup>3</sup>, Luan Silveira Cadore<sup>3</sup>, Marcos Duarte das Silva<sup>3</sup>, Nelson Gomes Netto<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal do Rio Grande, Escola de Engenharia, Grupo de Estudos em Fabricação e Materiais, Laboratório de Pesquisa em Engenharia da Soldagem, Rio Grande, RS, Brasil

<sup>2</sup>Universidade Federal de Goiás, Escola de Engenharia Elétrica, Mecânica e de Computação, Goiânia, GO, Brasil

<sup>3</sup>Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, Grupo de Pesquisa em Tecnologias de Fabricação Mecânica, Rio Grande, RS, Brasil

(Recebido em 06 de dezembro de 2013; aceito em 30 de julho de 2014)

Soldagens em campo são frequentemente realizadas em construções de estruturas, como, por exemplo, em estaleiros. Tal aplicação para processos de soldagem a arco gera problemas devido à necessidade de proteção da região que está sendo soldada das condições do tempo, como ventos e umidade. Os ventos são um dos principais problemas neste tipo de aplicação, que sabidamente provocam defeitos nos cordões de solda. No presente trabalho foram testados três processos de soldagem quanto sua resistência às correntes de ar: Eletrodo Revestido, Eletrodo Tubular e Eletrodo Tubular Auto Protegido. O Eletrodo Revestido utilizado foi da classe AWS E7018, que é um eletrodo do tipo básico e o mais utilizado em estaleiros. O Eletrodo Tubular utilizado foi o da classe AWS E71T-1 por ter grande utilização na indústria de construção naval. O Eletrodo Tubular Auto Protegido foi escolhido devido à promessa de alta resistência as correntes de vento. A metodologia proposta teve como base a determinação da velocidade máxima do vento que cada processo pode suportar sem que defeitos internos ou externos fossem detectados no cordão de solda. Os resultados mostraram que o Eletrodo Tubular Auto Protegido foi o que apresentou a maior resistência às correntes de ar. Além disso, o principal problema nos cordões de solda foi a presença de porosidade gerada pela perda da proteção gasosa.

**Palavras-chave:** Eletrodo Revestido; Eletrodo Tubular; Eletrodo Tubular Auto Protegido.

## Study about the Air Streams Influence Over the Weld Performance by Welding Processes SMAW, FCAW and FCAW-S)

Welding is often performed in the field in the structures construction such as, for example, in shipyards. The use of welding processes has many problems due to the necessity of the protection around the area being welded from the weather conditions, such as winds and humidity. Winds are one of the main problems in this type of application, which are known to cause defects in the weld bead. In the present work, three welding processes were tested to check their resistance over the wind currents: SMAW (Shielded Metal Arc Welding), FCAW (Flux Cored Arc Welding) and FCAW-S (Flux Cored Arc Welding Self Shielding). The SMAW electrode used was AWS E7018, a basic type and the most used in shipyards. The FCAW electrode used was AWS E71T-1 due to its large use in the shipbuilding industry. The FCAW-S was chosen because of the promise of high resistance over the wind currents. The proposed methodology was based on the determination of the maximum wind speed that each process could withstand without internal or external defects detected in the weld bead. The results show that the FCAW-S welding process had the greater resistance up to the air streams. Besides, the main problem in the weld beads was the presence of porosity generated by the losses of shielding gas.

**Keywords:** SMAW; FCAW; FCAW-S.

## 1. INTRODUÇÃO

Quando se aborda a fabricação de navios e plataformas para extração, transporte e processamento de petróleo, a soldagem passa a ter muita relevância, pois é um dos processos de união mais utilizados, principalmente no que diz respeito à união de metais. Atualmente no Brasil os estaleiros estão em plena atividade, dentre eles se destaca o Estaleiro Rio Grande, situado na cidade do Rio Grande no Rio Grande do Sul. Neste estaleiro já foram e estão sendo construídas plataformas. A soldagem, porém, ainda enfrenta problemas de automação/mecanização, o que requer a melhoria dos seus procedimentos de soldagem de forma a tornar-se mais competitivo. Uma das questões enfrentadas na soldagem é sua realização em campo, em que os processos enfrentam a ação do ambiente devido à questão da ação de ventos. Há poucos estudos sobre a ação dos ventos referente à estabilidade dos processos ou diante dos seus efeitos no cordão de solda. Cita-se então, Naito et al [1] realizaram soldagens de 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 ondulações. 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.

Recomendações [2] são feitas para que a soldagem com processos que utilizam proteção gasosa seja realizada com velocidades de vento de até 0,3 m/s (1,08 km/h). Sabe-se que é recomendado cercar a área da soldagem para impedir que correntes de vento prejudiquem o cordão de solda. No entanto, tal recomendação pode ser tradicional, pois pesquisas já mostraram que os processos de soldagem podem resistir, sem apresentar defeitos, a maiores velocidades de vento, além de apresentarem comportamentos distintos sob sua ação. Estudos realizados em soldagens com arames tubulares com proteção gasosa (AWS E71-G) e Auto Protegido (AWS E71T J8 H8) sob ventos com velocidade de 2,3 m/s a 4,4 m/s, mostraram que o arame tubular com proteção gasosa apresentou porosidade já em velocidades de 2,3 m/s enquanto o arame Auto Protegido não apresentou defeitos mesmo com velocidades de 4,4 m/s [3,4]. Outros estudos mostram que além dos problemas de descontinuidades no cordão de solda, pode incidir a degradação das propriedades mecânicas. Alguns estudos [5,6] falam que com a perda do gás de proteção pode se obter na absorção de nitrogênio no metal de solda, que por sua vez, mesmo em pequenas quantidades, pode resultar numa recaída substancial da tenacidade do cordão de solda (Figura 1).

Diante destes fatos e estudos, fica evidente a necessidade de investigação dos efeitos macro e microscópicos da ação dos ventos sobre o cordão de solda. Tem-se então, o objetivo do presente trabalho que é verificar comparativamente a resistência ao aparecimento de descontinuidades no cordão de solda em depósitos utilizando os processos de soldagem Eletrodo Revestido, Eletrodo Tubular com proteção gasosa e Eletrodo Tubular Auto Protegido em soldagens submetidas à ação de ventos.

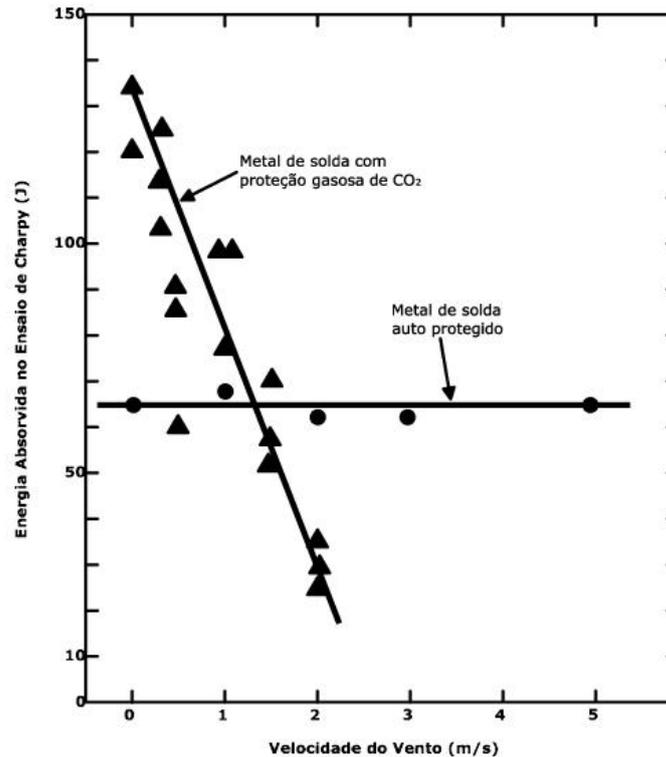


Figura 1. Energia absorvida no ensaio Charpy em função da velocidade de vento lateral em soldagem com arames tubulares com proteção gasosa por CO<sub>2</sub> e Auto Protegido [6].

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1. METODOLOGIA

A metodologia utilizada para soldagens com os processos Eletrodo Tubular com proteção gasosa e Auto Protegido consistiu em variar sistematicamente a tensão e a velocidade de alimentação até se conseguir atingir a penetração total da junta e que o cordão de solda visualmente não apresentasse defeitos externos ou internos (teste padrão sem correntes de vento). Para avaliação da sanidade da junta, após a soldagem, a escória produzida pelo processo era totalmente extraída e a placa de verificação era cortada para revelação da seção transversal do cordão. Para a soldagem por Eletrodo Revestido, a corrente de soldagem foi ordenadamente variada até conseguir um cordão de solda sem defeitos e com penetração total. Como medida para aumento da confiabilidade dos resultados todos os testes foram replicados.

Para os processos Eletrodo Tubular, com proteção gasosa e Auto Protegido, o movimento de translação da tocha foi realizado de forma automática por um “trator”, enquanto para o processo de soldagem por Eletrodo Revestido a soldagem foi realizada de forma manual.

Nos dois processos, após se conseguir o parâmetro ideal, foi utilizado um ventilador para simulação de soldagem executada em campo. A velocidade do vento foi mensurada perpendicularmente a velocidade de soldagem por meio de um anemômetro, para conferir a influência do mesmo durante a soldagem. Para isto, utilizou-se um dispositivo ligado ao ventilador para conferir um ajuste fino da velocidade de rotação das pás. Além disto, a distância do ventilador a placa de teste foi diversificada com objetivo de chegar-se a velocidade do vento desejada. A metodologia foi a de se utilizar valores menores possíveis para a velocidade do vento (limitada à menor velocidade medida pelo anemômetro) e aumentar o valor até que defeitos superficiais surgissem.

Para a verificação da influência da vazão do gás de proteção, utilizando-se o processo de soldagem por Eletrodo Tubular com proteção gasosa, foram realizados testes com a vazão do gás de proteção regulada em dois níveis. A vazão do gás foi medida no bocal da tocha utilizando-se um

fluxômetro.

Para a medição dos valores médios dos parâmetros de soldagem, foi utilizado um equipamento eletrônico comercial para monitoramento dos sinais (sistema de aquisição). O sistema de aquisição possibilita medir os valores da corrente, tensão e velocidade de alimentação com taxa de aquisição dos sinais de 5 kHz por canal.

## 2.2. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Para a execução das soldagens com o processo de soldagem por Eletrodo Tubular com proteção gasosa e Auto Protegido, foi usada uma fonte com característica estática de tensão constante modelo Smashweld 408 TopFlex, fabricante ESAB, com possibilidade de regulagem da velocidade de alimentação de arame de forma contínua e regulagem de tensão em escalas. Para a execução do processo de soldagem por Eletrodo Tubular com proteção gasosa foi usado um arame-eletrodo da classe AWS E71T-1 de 1,2 mm de diâmetro e gás de proteção 100 % CO<sub>2</sub>. Para o processo de soldagem por Eletrodo Tubular Auto Protegido foi utilizado um arame-eletrodo da classe AWS E71T-11 de 1,6 mm de diâmetro.

Ao executar o processo de soldagem por Eletrodo Revestido foi usada uma fonte modelo Heliarc 355 AC/DC com característica estática de corrente constante. O eletrodo usado foi AWS A5.1 E7018, diâmetro de 2,5 mm e 350 mm de comprimento.

Para medição da velocidade do vento foi usado um anemômetro digital de hélice, modelo MDA-20, marca Minipa com as seguintes resoluções: na faixa de 2 m/s até 10 m/s (3% leitura + 0,5 D); e na faixa de 10 m/s até 30 m/s (3% leitura + 0,8D). A faixa de medição é de 2 m/s até 30 m/s.

Como elaboração das placas de teste foi usada uma chapa de aço comum ao carbono com espessura de 9,5 mm. Tendo sido novamente utilizado um ferro chato de aço comum ao carbono com dimensões de 1" x 1/8 para confecção do cobrejunta. Para a composição das placas de teste foi utilizado o processo de corte a plasma. O corte foi ajustado de forma a se gerar o ângulo do chanfro. Para isto, a tocha foi inclinada com ângulo de 30°. A Figura 2 mostra as dimensões da placa de teste.

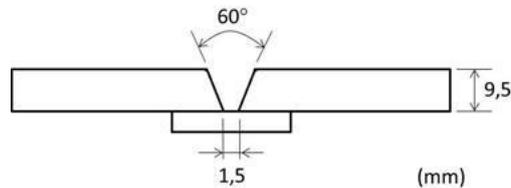
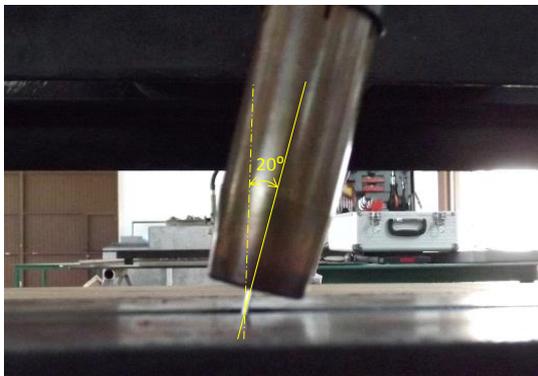


Figura 2. Dimensões da seção transversal da placa de teste com o cobrejunta (comprimento de 250 mm).

A Figura 3 mostra a inclinação da tocha (ângulo de ataque de 20° puxando) e o suporte utilizado para fixação das placas de teste. Os parâmetros utilizados para soldagens das placas de teste são mostrados no Quadro 1 para o processo de soldagem por Eletrodo Tubular com proteção gasosa e no Quadro 2 para o processo de soldagem por Eletrodo Tubular Auto Protegido.



(a)



(b)

Figura 3. (a) Inclinação do ângulo de ataque da tocha e (b) Suporte para fixação da placa de teste.

Quadro 1. Parâmetros utilizados para soldagem com o processo de soldagem por Eletrodo Tubular com proteção gasosa.

Teste	$U_r$ (V)	$V_{alim}$ regulada (m/min)	$V_{sold}$ (cm/min)	DBCP (mm)	Vazão gás* (l/min)	Velocidade do vento (km/h)
T28	Alta/6	9,0	40	20	11	0
T09**	Alta/6	9,0	40	20	11	0
T29	Alta/6	9,0	40	20	11	~ 5,5
T17**	Alta/6	9,0	40	20	11	~ 5,5
T30	Alta/6	9,0	40	20	11	7,2
T15**	Alta/6	9,0	40	20	11	7,2
T20	Alta/6	9,0	40	20	16	7,2
T31**	Alta/6	9,0	40	20	16	7,2
T27	Alta/6	9,0	40	20	16	10,8
T33**	Alta/6	9,0	40	20	16	10,8
T26	Alta/6	9,0	40	20	16	14,4
T34**	Alta/6	9,0	40	20	16	14,4

$U_r$  = tensão regulada na fonte;  $V_{alim}$  = velocidade de alimentação;  $V_{sold}$  = velocidade de soldagem.

DBCP = distância bico de contato-peça. \*vazão de gás medida na boca da tocha com um fluxômetro. \*\* testes replicados.

Quadro 2. Parâmetros utilizados para soldagem com o processo de soldagem por Eletrodo Tubular Auto Protegido.

Teste	$U_r$ (V)	$V_{alim}$ regulada (m/min)	$V_{sold}$ (cm/min)	DPBC (mm)	Velocidade do vento (km/h)
AP01	Alta/4	3,5	40	20	0
AP12**	Alta/4	3,5	40	20	0
AP02	Alta/4	3,5	40	20	~ 5,5
AP11**	Alta/4	3,5	40	20	~ 5,5
AP03	Alta/4	3,5	40	20	7,2
AP04**	Alta/4	3,5	40	20	7,2
AP05	Alta/4	3,5	40	20	10,8
AP06**	Alta/4	3,5	40	20	10,8
AP07	Alta/4	3,5	40	20	14,4
AP08**	Alta/4	3,5	40	20	14,4
AP09	Alta/4	3,5	40	20	18,0
AP10**	Alta/4	3,5	40	20	18,0

$U_r$  = tensão regulada na fonte;  $V_{alim}$  = velocidade de alimentação;  $V_{sold}$  = velocidade de soldagem; DBCP = distância bico de contato-peça. \*\* testes replicados.

A velocidade do vento limite de 18 km/h (64,8 m/s) foi escolhida por ser um pouco acima da média registrada na cidade do Rio Grande entre os meses de Setembro e Novembro de 2013, segundo o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) [7]. Estes dados correspondem a media das velocidades dos ventos coletados de hora em hora do respectivo mês.

Quadro 3. Velocidades de vento na cidade de Rio Grande- RS [7]

Mês	Ano	Velocidade Média Mensal Registrada (km/h)
Setembro	2013	13,07
Outubro	2013	13,75
Novembro	2013	15,77

Os parâmetros utilizados para o processo de soldagem por Eletrodo Revestido das placas de teste são mostrados no Quadro 4. A fixação da placa de teste foi semelhante ao processo de soldagem por Eletrodo Tubular.

Quadro 4. Parâmetros regulados para soldagem com o processo de soldagem por Eletrodo Revestido.

Teste	$I_r$ (A)	Velocidade do vento (km/h)
E1.1	100	0
E1.2*	100	0
E2.1	100	~ 5,5
E2.2*	100	~5,5
E3.1	100	7,2
E3.2*	100	7,2
E4.1	100	10,8
E4.2*	100	10,8
E5.1	100	14,4
E5.2*	100	14,4
E5.3	100	18,0
E5.4*	100	18,0

$I_r$  = Corrente regulada na fonte; \* testes replicados.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Quadro 5 mostra os valores médios monitorados de corrente e tensão para o processo de soldagem por Eletrodo Tubular com proteção gasosa e o Quadro 6 para o processo de soldagem por Eletrodo Tubular Auto Protegido, enquanto o Quadro 7 apresenta os valores monitorados para o processo de soldagem por Eletrodo Revestido. Observa-se que, dentro de um mesmo processo, os valores médios da corrente de soldagem ficaram de um mesmo nível, oportunizando-se, assim, que o efeito da velocidade do vento sobre a penetração (devido a uma possível desestabilização do processo) pudesse ser constatada.

Quadro 5. Valores médios monitorados para o processo de soldagem por Eletrodo Tubular com proteção gasosa.

Teste	$U_m$ (V)	$I_m$ (A)
T28	25,8	232
T09**	26,8	240
T29	25,3	241
T17**	25,3	246
T30	25,5	243
T15**	25,0	246
T20	25,2	226
T31**	26,4	232
T27	25,2	239
T33**	25,8	238
T26	25,3	244
T34**	25,7	244

$U_m$  = Tensão média monitorada;  $I_m$  = Corrente média monitorada. \*\*Testes replicados.

Quadro 6. Valores médios monitorados para o processo de soldagem por Eletrodo Tubular Auto Protegido.

Teste	$U_m$ (V)	$I_m$ (A)
AP01	21,6	245
AP12**	20,8	250
AP02	20,8	239
AP11**	20,9	238
AP03	20,7	255
AP04**	21,2	243
AP05	20,7	251
AP06**	20,9	233
AP07	20,8	253
AP08**	21,2	243
AP09	20,8	250
AP10**	20,9	242

$U_m$  = Tensão média monitorada;  $I_m$  = Corrente média monitorada. \*\*Testes replicados.

Quadro 7. Valores médios monitorados para o processo de soldagem por Eletrodo Revestido.

Teste	$U_m$ (V)	$I_m$ (A)
E1.1	25,6	96
E1.2*	25,2	97
E2.1	28,0	94
E2.2*	25,5	97
E3.1	26,1	95
E3.2*	24,4	97
E4.1	23,7	98
E4.2*	25,2	96
E5.1	22,9	94
E5.2*	25,2	93
E5.3	19,8	95
E5.4*	23,6	91

$U_m$  = Tensão média monitorada;  $I_m$  = Corrente média monitorada. \*Testes replicados.

As Figuras 4 e 5 mostram a superfície do cordão de solda e macrografias da seção transversal dos testes realizados com o processo de soldagem por Eletrodo Tubular com proteção gasosa. Observa-se que na condição de vazão de gás de proteção igual a 11 l/min os cordões de solda não apresentam descontinuidades com velocidades de vento abaixo de 7,2 km/h. Porém, nesta velocidade já se pode constatar porosidades, provavelmente geradas pela perda da proteção do gás. Já para a vazão do gás regulada em 16 l/min, na velocidade de 7,2 km/h não se observa descontinuidades no cordão, comprovando o aumento de resistência da coluna de gás pelo aumento a vazão do mesmo. Tais resultados concordam com os de Millington [8], que examinado as velocidades máximas de ventos suportadas pelo processo de soldagem por Eletrodo Tubular com proteção gasosa e usando como critério o aparecimento de porosidades superficiais, verificou que o processo suportou velocidades de 1,8 km/h operando com vazão de gás de 14 l/min e velocidades de 10,8 km/h operando com vazão de 28 l/min. Na condição de vazão igual a 16 l/min, porosidades foram detectadas para velocidades o vento de 14,4 km/h, porém, pode-se verificar que com 10,8 km/h não se observa penetração total na junta, apesar de não apresentar porosidades no cordão. Portanto, o cordão somente não apresenta descontinuidades para velocidades de vento iguais ou menores que 5,5 km/h para vazão de 11 l/min e 7,2 km/h para vazão de 16 l/min.

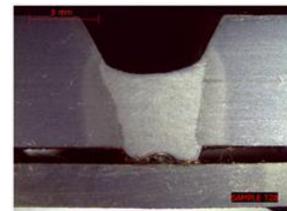
No caso do processo de soldagem por Eletrodo Tubular Auto Protegido não se verificou a degradação do cordão de solda mesmo para velocidades de vento iguais a 18 km/h (Figura 6). Pode se observar alguns poros ocorridos em três testes (AP02, AP03, AP10), porém suas réplicas não reproduziram os defeitos, indicando que o problema não teria relação com a ação dos ventos.

Para o processo de soldagem por Eletrodo Revestido (Figura 7) a análise superficial do cordão e das macrografias demonstram que mesmo em velocidades do vento iguais a 18,0 km/h não ocorrem porosidades. Contudo, observa-se perda de penetração e, conseqüentemente, inclusão de escória nesta velocidade. Assim, para este processo, o cordão manteve a sanidade para operações de soldagem submetidas a velocidades máximas de vento de 14,4 km/h. Vale a pena salientar que a resistência deste processo foi expressivamente maior do que com o processo de soldagem por Eletrodo Tubular com proteção gasosa mesmo na maior vazão utilizada (14,4 km/h contra 7,2 km/h do Eletrodo Tubular com proteção gasosa). Ainda na Figura 6, pode-se observar que com o aumento da velocidade do vento parece haver um aumento na quantidade de respingos presos a chapa próximo do cordão de solda. Como não foram feitos ensaios para medição da quantidade de respingos, não se pode determinar que houve um aumento, porém, tal fato pode ter acontecido por perda de estabilidade do arco em função da corrente de ar imposta.

Os resultados encontrados concordam com os resultados de [3,4] que concluíram que o processo de soldagem por Eletrodo Tubular Auto Protegido foi mais resistente do que o processo de soldagem por Eletrodo Tubular na versão com proteção gasosa. Tais resultados indicam claramente que os processos que não requerem proteção adicional de gás apresentaram maior resistência as correntes de vento do que o processo com proteção gasosa. Isto pode indicar, para os processos que não requerem proteção adicional, que os gases gerados pela queima dos fluxos/revestimentos para proteção da poça e estabilização do arco, são mais resistentes ao possível deslocamento dos gases de proteção ocasionado pelas correntes de vento.



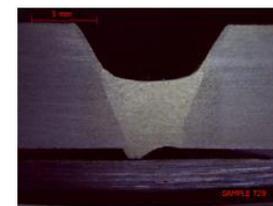
T28. 1/2 (sem vento - 11 l/min).



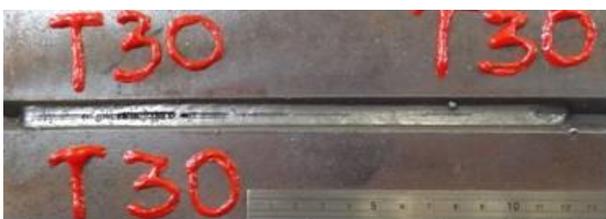
T28. 2/2 (sem vento - 11 l/min).



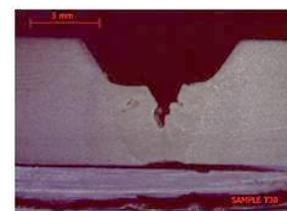
T29. 1/2 (5,5 km/h - 11 l/min).



T29. 2/2 (5,5 km/h - 11 l/min).



T30. 1/2 (7,2 km/h - 11 l/min).



T30. 2/2 (7,2 km/h - 11 l/min).

Figura 4. Superfície e macrografias das seções transversais dos cordões de solda para os testes realizados com o processo de soldagem por Eletrodo Tubular com proteção gasosa.



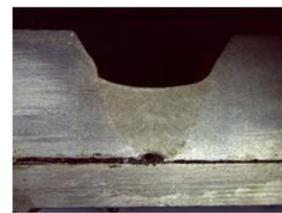
T20. 1/2 (7,2 km/h - 16 l/min).



T20. 2/2 (7,2 km/h - 16 l/min).



T27. 1/2 (10,8 km/h - 16 l/min).



T27. 2/2 (10,8 km/h - 16 l/min).



T26. 1/2 (14,4 km/h - 16 l/min).



T26. 2/2 (14,4 km/h - 16 l/min).

Figura 5. Superfície e macrografias das seções transversais dos cordões de solda para os testes realizados com o processo de soldagem por Eletrodo Tubular com proteção gasosa (continuação da Figura 4).

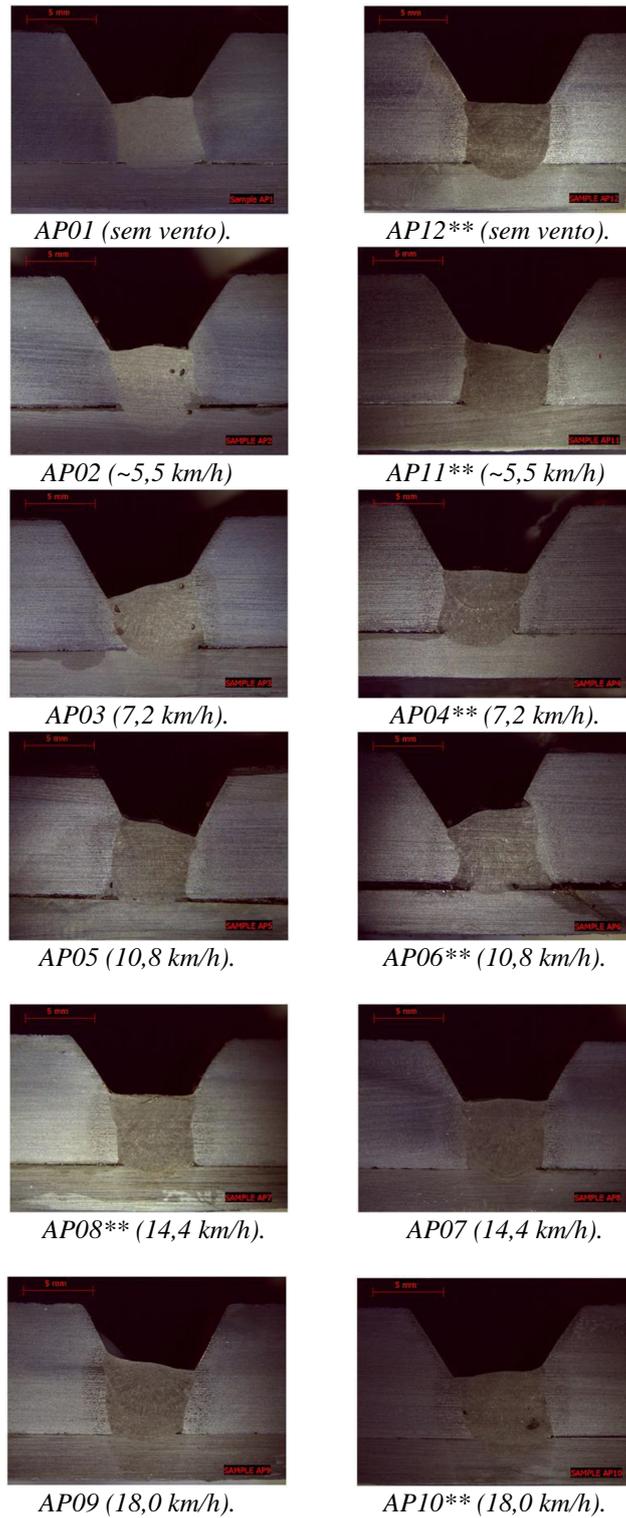


Figura 6. Macrografias das seções transversais dos cordões de solda para os testes realizados com o processo de soldagem por Eletrodo Tubular Auto Protegido.

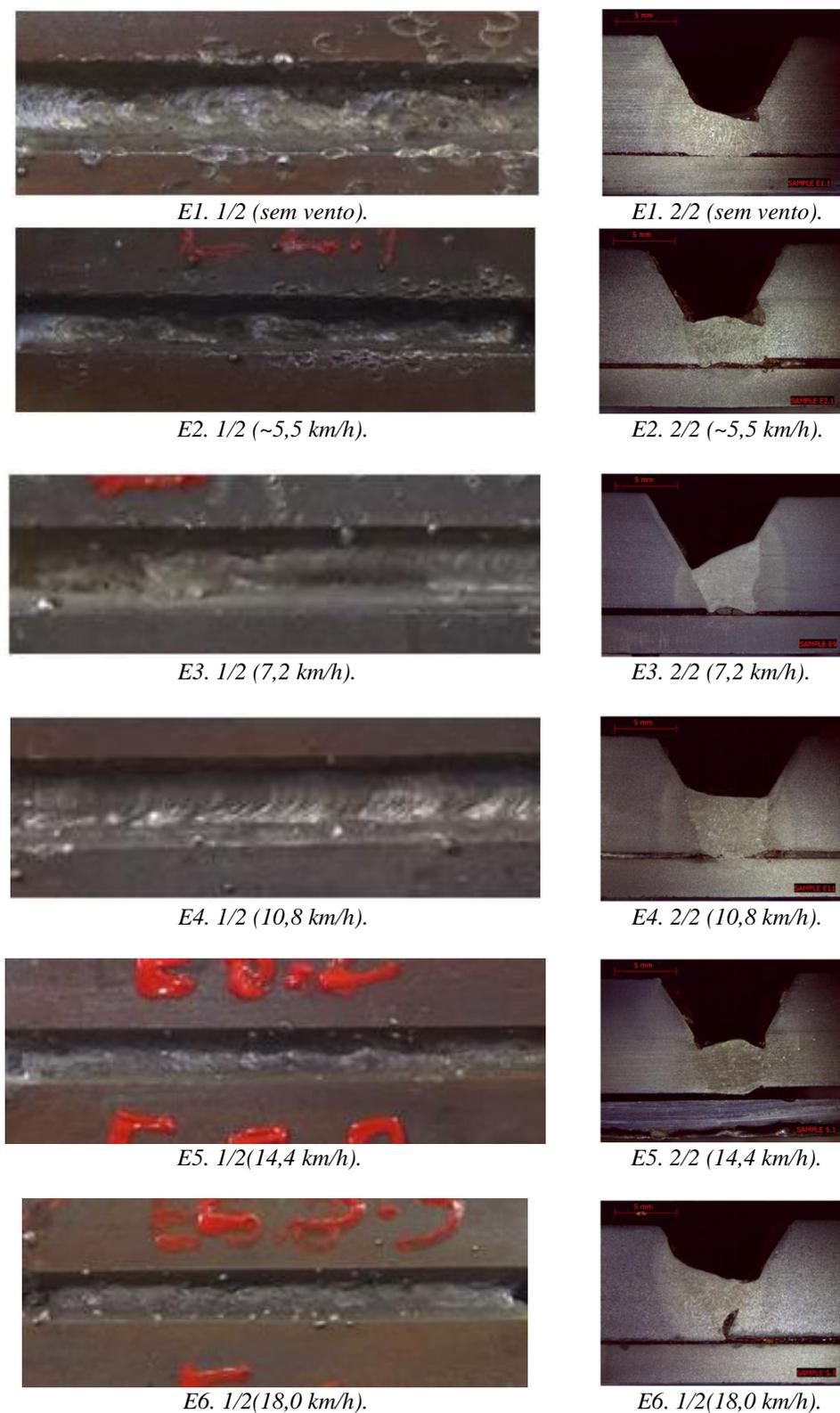


Figura 7. Superfície e macrografias das seções transversais dos cordões de solda para os testes realizados com o processo de soldagem por Eletrodo Revestido.

#### 4. CONCLUSÕES

Para as circunstâncias e critérios utilizados no presente trabalho, pode-se concluir que:

- O processo de soldagem por Eletrodo Tubular Auto Protegido foi o que apresentou maior

resistência as correntes de vento transversais. Este não apresentou defeito para velocidades do vento de 18 km/h (máxima velocidade imposta nos testes) contra 7,2 km/h para a versão com proteção gasosa e 14,4 km/h para o processo de soldagem por Eletrodo Revestido;

- O acréscimo da vazão do gás de proteção no processo de soldagem por Eletrodo Tubular promove um aumento da resistência as correntes de vento;
- Nas soldagens com o processo de soldagem por Eletrodo Revestido apesar de não apresentar porosidades mesmo com velocidade de vento imposta de 18 km/h, nesta condição apresentou perda de penetração;
- Nas soldagens com o processo de soldagem por Eletrodo Revestido foi observado um aumento na quantidade de respingos próximos ao cordão de solda para maiores velocidades de vento.

## 5. AGRADECIMENTOS

Os autores deste trabalho gostariam de agradecer ao CNPq pelo financiamento do projeto (Processo nº 455025/2012-6) e pelas bolsas de estudo concedidas. À Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande pelo financiamento para apresentação do trabalho e à ESAB do Brasil, nas pessoas dos senhores Julio Cesar Raupp e Felipe Christ Koenich pelo fornecimento do arame Auto Protegido.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Naito C et al. Effect of Environmental Conditions on Field Welding of Precast Concrete Connections. *PCI Journal*; 2012.
- [2] Vilarinho LO. Medição, Controle e Armazenamento. Notas de Aula, Curso de Especialização em Engenharia da Soldagem, Universidade Federal de Uberlândia; 2013. 88p.
- [3] Manoel PHO, Ferreira RAS. Estudo do Efeito da Velocidade dos Ventos sobre as Propriedades Mecânicas das Juntas Soldadas do Aço AH-32. In: XIX CONIC, III CONITI, VII JOIC; 2011.
- [4] Araújo ACS, FERREIRA RAS. Estudo da Velocidade dos Ventos sobre a Soldabilidade do Aço AH 32 em Aplicações Navais. In: XIX CONIC, III CONITI, VII JOIC; 2011.
- [5] Federal Emergency Management Agency. State of the Art Report on Welding and Inspection. Set. 2000.
- [6] Boniszewski T. Self-Shielded Arc Welding. Abington Publishing. Cambridge, England; 1992.
- [7] INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa. Disponível em <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>. Acesso em 28/07/2014.
- [8] Millington D. Self-Shielded Arc Welding. *The Welding Institute Research Bulletin*. 1973; 14 [2]: 31-35.