



NORMA A.W. S D1. 1: elaboração e qualificação “passo a passo” de um processo pré-qualificado (WPS)

NORMA A.W. S D 1.1: Elaboration and qualification "step-by-step" of a qualified process (WPS)

Laerte Tito Guerreiro – titoguerreiro@gmail.com
 Estudante do Curso Superior de Tecnologia em Mecânica: processos de soldagem
 Faculdade de Tecnologia (FATEC) – Sertãozinho – SP – Brasil

Profa. Mestra Márcia Aparecida Gomes – marcia.gomes@usp.br
 Profa. Pós-Dra. Maria Aparecida Bovério – mariaboverio@hotmail.com
 Faculdade de Tecnologia (FATEC) – Sertãozinho – SP – Brasil

RESUMO

Este artigo apresenta os resultados da pesquisa que investiga a qualificação “passo a passo” sobre o processo pré-qualificado de uma especificação de soldagem utilizando-se o processo semiautomático, soldagem por arco elétrico com gás de proteção, Gás Metal Arc. Welding (GMAW), com material de base ASTM-A36 grupo II. O material escolhido para a especificação do procedimento de soldagem (EPS) foi a chapa ASTM A36 GRUPO II, com espessura de 12.7mm, para ser soldada no processo GMAW, com consumível de solda ER70S-X, na posição de soldagem 1G, 2G, 3G, 4G. As metodologias adotadas foram a pesquisa bibliográfica e a documental, por meio da análise do capítulo 3 da norma A.W.S. D1. 1. Verificou-se que é possível seguir um “passo a passo” para a qualificação do processo pré-qualificado e como resultados de pesquisa conclui-se que se for seguido o processo pré-qualificado através da norma a possibilidade de a solda apresentar problema é mínima, O uso de juntas e WPSs pré-qualificadas não necessariamente garante soldas boas. A capacidade de fabricação ainda é requerida, junto com supervisão de soldagem efetiva e cognoscível para produzir consistentemente boas soldas.

Palavras-chave: Norma AWS D1. 1 Processo pré-qualificado. Soldagem. ASTM-A36 grupo II.

ABSTRACT

This article presents the results of research that investigates the qualification "step by step" on the prequalified process of a welding specification using the semi-automatic process, electric arc welding with shielding gas, gas Metal Arc. Welding (GMAW), with base material ASTM-A36 Group II. The material chosen for the specifies the welding procedure-ing (EPS) was the plate ASTM A36 GROUP II, 12.7 mm thick, to be welded in the GMAW process, with welding consumable ER70S-X, welding position 1 g, 2 g, 3 g, 4 g. The methodologies adopted were bibliogr -research stays and the documentary, through the analysis of Chapter 3 of the standard A.W.S. D1. 1. It has been found that it is possible to follow a "step-by-step" for the qualification of the prequalified process and as search results it is concluded that if



followed the prequalified process through the possibility of welding standard present problem is minimal, the use of seals and pre-qualified WPSs does not necessarily guarantee good welds. Manufacturing capacity is still required, along with welding supervision effective and knowable to produce consistent-mind good welds.

Keywords: Standard AWS D1. 1 pre-qualified Process. Welding. ASTM-A36 Group II

DOI:

1 INTRODUÇÃO

Esta pesquisa investiga e apresenta a qualificação “passo a passo” sobre o processo pré-qualificado de uma especificação de soldagem utilizando o processo semiautomático, Soldagem por arco elétrico com gás de proteção, Gás Metal Arc. Welding (GMAW), com material de base ASTM-A36 grupo II.

O material escolhido para a especificação do procedimento de soldagem (EPS) foi a chapa do material ASTM A36 GRUPO II, com espessura de 12.7mm, para ser soldada no processo *GMAW*, com consumível de solda ER70S-X, na posição de soldagem 1G, 2G, 3G, 4G.

Este estudo foi definido devido a sua utilidade dentro da indústria, pois hoje na sua grande maioria os setores relacionados a construção de produtos com aços utilizam-se padrões de qualidades estabelecidos por normas, *American Welding Society* – Sociedade Americana de Soldagem (A.W.S.), *American Society Mechanical Engineer* – Sociedade Americana de Engenharia Mecânica (ASME), ABNT, entre outras.

Para realizar este estudo foi selecionada a norma A.W.S. D1. 1, especificamente o capítulo 03.

Este código foi especificamente desenvolvido para estruturas de aço soldadas que utilizam aço carbono ou de baixa liga, com um limite de escoamento específico mínimo de 100 ksi [690 MPa] ou menos. O código pode ser conveniente para governar fabricações estruturais fora do âmbito do objetivo pretendido. O Comitê de Soldagem Estrutural encoraja o Engenheiro a considerar a aplicabilidade de outros códigos D1 da AWS para aplicações envolvendo alumínio (AWS D1.2), chapa de aço igual a ou menor que 3/16 em espessura [5 mm] (AWS D1.3), aço de reforço (AWS D1.4), e aço inoxidável (AWS D1.6). O AASHTO/AWS D1.5 *Bridge Welding Code* foi especificamente desenvolvido para componentes de soldagem de pontes e é recomendado para essas aplicações. (AWS D1. 1, 2010, p. 140).



Com relação à escolha do material, ASTM A36 grupo II, foi em virtude de ter um bom equilíbrio entre sua tenacidade e resistência mecânica, classificado um aço de baixo carbono, muito utilizado.

A dificuldade na interpretação desta norma, A.W.S. D1. 1 por parte dos profissionais de Soldagem envolvidos na elaboração da documentação técnica fez com que se desenvolvesse a preocupação em detalhar passo a passo todos os requisitos da norma que envolvem este processo.

Portanto, o problema de pesquisa foi investigado:

Como pode ser realizado o processo pré-qualificado de uma especificação de soldagem utilizando o processo semiautomático, Soldagem por arco elétrico com gás de proteção, sigla em inglês *Gás Metal Arc. Welding (GMAW)*, com material de base ASTM-A36 grupo II, por meio da norma A.W. S D1. 1?

O objetivo da pesquisa foi qualificar um processo de soldagem pré-qualificado orientado pela norma A.W.S. D1. 1, a fim de estabelecer o passo a passo para uma melhor interpretação no processo de qualificação organizando-se uma ordem entre as etapas, material, processo, consumível, testes, análises dos resultados, sem a necessidade de criar uma EPS, utilizando os parâmetros pré-qualificados que estão na norma.

2 GÁS METAL ARC. WELDING (GMAW)

Para tratar da revisão bibliográfica foram escolhidos os autores Marques, Modenesi e Bracarense (2011). De acordo com os autores a soldagem a arco com gás de proteção gasosa - *GÁS METAL ARC. WELDING (GMAW)* é um processo em que a união de peças metálicas é produzida pelo aquecimento destas com um arco elétrico estabelecido entre um eletrodo metálico nu, consumível, e a peça de trabalho.

A proteção do arco e da região da solda contra a contaminação da atmosfera é feita por um gás ou uma mistura de gases, que podem ser inertes ou ativos. No Brasil o processo é conhecido como *Metal Inert Gás (MIG)* quando a proteção usada é inerte ou rica em gases inertes ou *Metal Ative Gás (MAG)* quando o gás usado é ativo ou contém mistura rica em gases ativos. (MARQUES; MODENESI; BRACARENSE (2011).



De um modo geral, pode-se afirmar que as principais vantagens da soldagem MIG/MAG, quando comparado à soldagem com eletrodo revestido são: alta taxa de deposição e alta taxa de ocupação do soldador, grande versatilidade quanto ao tipo de material e espessuras aplicáveis não existência de fluxo de soldagem e, conseqüentemente, ausência de operações de remoção de escoria e limpeza e exigência de menor habilidade do soldador. (MARQUES; MODENESI; BRACARENSE (2011)).

Os autores explicam que a principal limitação da soldagem MIG/MAG é a sua maior sensibilidade à variação dos parâmetros elétrico corrente e tensão de operação do arco de soldagem, pois influenciam diretamente na qualidade do cordão de solda depositado, e há também a necessidade de um ajuste rigoroso de parâmetros para se obter um determinado conjunto de características para o cordão de solda.

A determinação destes parâmetros é dificultada pela forte interdependência destes e por sua influência no resultado final da operação, assim como amperagem, voltagem, velocidade de deslocamento e gás protetor, a habilidade do operador de soldagem.

2.1 ASTM A36

Dentre os aços estruturais existentes, o aço ASTM A36 é um dos mais utilizados e conhecidos como um aço carbono com a finalidade de utilização estrutural e comum e de média resistência mecânica. É um aço amplamente utilizado em estruturas metálicas, serralherias, passarelas, máquinas e implementos agrícolas, implementos rodo ferroviários.

Sua composição química, conforme demonstra o quadro 1, confere a ele uma boa soldabilidade e tenacidade, o que faz dele uma excelente opção para o desenvolvimento deste trabalho.

Quadro 1 - Composição química comercial do aço ASTM A36

AÇOS PARA CONSTRUÇÃO MECÂNICA											
Denominações dos fabricantes			Composições químicas médias %								
SAE	GERDAU	VILLARES	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Outros
ASTM A36	-	-	0,28 máx.	0,40 máx.	1,20	0,04 máx.	0,05 máx.	-	-	-	-

Fonte: elaborado pelos autores com fundamento em *Favorit aços especiais* (2012)



3 METODOLOGIA DA PESQUISA

A pesquisa documental será usada para investigar como se qualifica e analisa uma WPS, de acordo com A.W.S. D1.1 e poder, assim, criar uma qualificação “passo a passo”, de uma forma simplificada e rotineira em projetos através de consulta e interpretação das Normas Técnicas de Qualificação.

Para a elaboração do EPS foi escolhida como base a chapa do material ASTM A36 GRUPO II, com espessura de 12.7mm, a ser soldada no processo GMAW, com consumível de solda ER70S-X, na posição de soldagem 1G, 2G, 3G, 4G.

3.1 Material e método

Para orientação deste trabalho foi considerado como material o anexo Q da norma A.W.S. D1.1 (AWS (2010, p. 375), pois se trata do conteúdo de uma qualificação do processo pré-qualificado que serve como informativo). O método adotado é a investigação em profundidade, por meio da análise documental da respectiva norma para elaboração e criação do “passo a passo” do respectivo do processo pré-qualificado. A figura 1 apresenta o anexo Q da norma A.W.S. D1.1.



Figura 1 - Anexo Q da norma A.W.S.D1.1

Conteúdos de WPS Pré-qualificado

Este anexo não é parte da AWS D1.1/D1.1M:2010, *Código de Soldagem Estrutural - Aço*, mas é incluído apenas com propósitos informativos.

Soldagem pré-qualificada requer uma WPS por escrito referindo-se às subcláusulas do código a seguir conforme aplicável a ligações soldadas de interesse. Além dos requisitos para uma WPS por escrito, esse código impõe muitos outros requisitos e limitações para soldagem pré-qualificada. A organização usando soldagem pré-qualificada deve estar em conformidade com todos os requisitos relevantes.

A especificação da WPS pode atender as necessidades dos usuários. Itens tais como tolerâncias de montagem podem ser consultadas.

1.2	Limitações	5.2.2	Metal Base para Reforço, Espaçadores e Guia de Solda
2.4.1.4	Tamanho Efetivo de Soldas em Chanfro Curvado	5.3.1.2	Adequação de Classificação
2.4.2.7	Soldas de Filete de Reforço	5.3.2	Eletrodos SMAW
2.4.4.2	Extremidades de Ranhuras	5.3.3	Eletrodos e Fluxos SAW
2.4.3	Juntas Oblíquas em T	5.3.4	Eletrodos GMAW/FCAW
3.2.1	Processos Pré-qualificados	5.5	Variáveis WPS
3.3	Combinações de Metal Base / Metal de Adição	5.7	Controle de Aporte de Calor para Aços Resfriados e Temperados.
3.5	Requisitos de Temperaturas Mínimas de Pré-aquecimento e Interpasse	5.10	Reforço
3.6 3.7	Limitação de Variáveis de WPS	5.14	Tamanhos Mínimos de Solda de Filete
3.7	Requisitos Gerais de WPS	5.15	Preparação de Metal Base
3.9.3	Juntas Oblíquas em T	5.22.1.1	Superfície de Contato
3.10	Requisitos para Soldas de Tampão (Soldas Plug e Slot)	5.25	Técnica para Soldas de Tampão (Plug e Slot)
3.12	Requisitos de PJP	5.27	Martelamento
3.13	Requisitos de Solda em Chanfro com CJP	5.30.1	Limpeza Durante o Processo
<u>Tabela 3.8</u>	<u>Variáveis de WPSs Pré-qualificadas</u>	7.5.5	Opção de solda de filete de FCAW, GMAW, SMAW
		7.7.5	Reparo da área de remoção

Fonte: Norma AWS (2010, p. 375)



4 RESULTADOS DA PESQUISA

Após a análise minuciosa da norma A.W.S. D1.1 foi possível elaborar e qualificar o “passo a passo” proposto como objetivo desta pesquisa, para o processo pré-qualificado de uma especificação de soldagem utilizando-se o processo semiautomático, Soldagem por arco elétrico com gás de proteção, Gás Metal Arc. Welding (GMAW), com material de base ASTM-A36 grupo II. O “passo a passo” será apresentado nesta seção como resultados da pesquisa.

Com fundamento na A.W.S. (2010) o processo pré-qualificado pode ser encontrado no item 3.2.1 da AWS D1. 1 e é fundamentado conforme Norma A.W.S. D1.1 (2010). Os processos *WPSs*, *SMAW*, *SAW*, *GMAW* (exceto *GMAW-S*) e *FCAW*, que cumprirem todas as disposições da Cláusula 3 **deverão ser considerados como pré-qualificados e aprovados para o uso sem a realização de testes de qualificação de WPS (grifo dos autores)**, será exigida conformidade com todos os requisitos aplicáveis da Clausula 3, conforme tabela 3.1 que compõe a respectiva norma (figura 2).

A pré-qualificação de *Welding Procedure Specifications (WPSs)* – Especificações de Procedimento de Soldagem **deve ser definida como isenta de teste de qualificação de WPS exigida na Cláusula 4 (grifo dos autores)**. Todas as WPSs pré-qualificadas deverão ser escritas. Para uma WPS ser pré-qualificada, será exigida conformidade com todos os requisitos aplicáveis da Cláusula 3. As WPSs que não estiverem em conformidade com os requisitos da Cláusula 3 poderão ser qualificadas por meio de testes nos termos da Cláusula 4. Para uma maior comodidade, o Anexo Q enumera as disposições a serem incluídas na WPS pré-qualificada e que deverão ser abordadas no programa de soldagem do fabricante ou do contratante. Soldadores, operadores de soldagem e soldadores ponteadores que utilizam WPSs pré-qualificadas devem ser classificadas em conformidade com a Cláusula 4. (AWS, 2010, p. 59).

A figura 2 demonstra o metal base pré-qualificado de acordo com a A.W.S. D1. 1.



Figura 2 - Metal Base Pré Qualificado AWS D1.1

G r u p o	Requisitos de Especificação do Aço				Requisitos do Metal de Adição				
	Especificações do Aço	Ponto/Limite Mínimo de Elasticidade		Faixa de Tensão		Processo	Especificações do Eletrodo AWS	Classificação do Eletrodo	
		ksi	MPa	ksi	MPa				
II	ASTM A 36	(\leq 3/4 in [2 mm])	36	250	58-80	400-550			
	ASTM A 131	Graus AH32, DH32, EH32	46	315	64-85	440-590			
		Graus AH36, DH36, EH36	51	355	71-90	490-620			
	ASTM A 441		40-50	275-345	60-70	415-485			
	ASTM A 516	Grau 65	35	240	65-85	450-585	SMAW	A5.1	E7015, E7016, E7018, E7028
		Grau 70	38	260	70-90	485-620			
	ASTM A 529	Grau 50	50	345	70-100	485-690			
		Grau 55	55	380	70-100	485-690			
	ASTM A 537	Classe 1	45-50	310-345	65-90	450-620			
	ASTM A 572	Grau 42	42	290	60 min.	415 min.	SAW	A5.17	F7XX-EXXX, F7XX-ECXXX
		Grau 50	50	345	65 min.	450 min.			
		Grau 55	55	380	70 min.	485 min.			
	ASTM A 588 ^b	(4 in [100 mm] e inferior)	50	345	70 min.	485 min.			
	ASTM A 595	Grau A	55	380	65 min.	450 min.			
		Graus B e C	60	410	70 min.	480 min.			
	ASTM A 606 ^b		45-50	310-340	65 min.	450 min.	GMAW	A5.18	ER70S-X, E70C-XC, E70C-XM (os eletrodos com o sufixo -GS devem ser excluídos)
	ASTM A 618	Graus Ib, II, III	46-50	315-345	65 min.	450 min.			
	ASTM A 633	Grau A	42	290	63-83	430-570			
		Graus C, D	50	345	70-90	485-620			
	ASTM A 709	(2-1/2 in [65 mm] e inferior)							
		Grau 36 (\geq 3/4 in [20 mm])	36	250	58-80	400-550			
		Grau 50	50	345	65 min.	450 min.			
		Grau 50W ^b	50	345	70 min.	485 min.			
		Grau 50S	50-65	345-450	65 min.	450 min.	FCAW	A5.20	E7XT-X, E7XT-XC, E7XT-XM (os eletrodos com os sufixos -2C, -2M, -3, -10, -13, -14 e -GS devem ser excluídos e os eletrodos com o sufixo -11 devem ser excluídos para espessuras maiores que 1/2 in [12mm])
		Grau HPS 50W ^b	50	345	70 min.	485 min.			
	ASTM A 710	Grau A, Classe 2-2 in [50mm]	50-55	345-380	60-65	415-450			
	ASTM A 808	(2-1/2 in [65 mm] e inferior)	42	290	60 min.	415 min.			
	ASTM A 913	Grau 50	50	345	65 min.	450 min.			
	ASTM A 992		50-65	345-450	65 min.	450 min.			
	ASTM A 1008 HSLAS	Grau 45 Classe 1	45	310	60 min.	410 min.			
	Grau 45 Classe 2	45	310	55 min.	380 min.				
	Grau 50 Classe 1	50	340	65 min.	450 min.				
	Grau 50 Classe 2	50	340	60 min.	410 min.				
	Grau 55 Classe 1	55	380	65 min.	450 min.				
	Grau 55 Classe 2	55	380	65 min.	450 min.				
ASTM A 1008 HSLAS-F	Grau 50	50	340	60 min.	410 min.				

Fonte: Norma A.W.S. (2010, p. 65)



A figura 3 apresenta o metal de adição pré-qualificado A.W.S. D1. 1.

Figura 3 - Metal de adição Pré Qualificado A.W.S.D1.1.

AWS A5.18/A5.18M, Especificação para Eletrodos e Varas de Aço de Carbono Pra Soldagem a Arco com Gás de Proteção							
Classificação AWS ^a		Gás de Proteção	Resistência à Tração (mínima)		Limite de escoamento ^b (mínimo)		Alongamento ^b % (mínimo)
A5.18	A5.18M		psi	MPa	psi	MPa	
ER70S-2	ER48S-2						
ER70S-3	ER48S-3						
ER70S-4	ER48S-4	CO ₂ ^c	70 000	480	58 000	400	22
ER70S-6	ER48S-6						
ER70S-7	ER48S-7						
ER70S-G	ER48S-G	d	70 000	480	58 000	400	22
E70C-3X	E48C-3X	75–80% Ar/equilibrio CO ₂ ou CO ₂	70 000	480	58 000	400	22
E70C-6X	E48C-6X						
E70C-G(X)	E48C-G(X)	d	70 000	480	58 000	400	22
E70C-GS(X)	E48C-GS(X)	d	70 000	480	Não Especificado		Não Especificado

^a O X final mostrado na classificação representa um "C" ou "M" que corresponde ao gás protetor com o qual o eletrodo é classificado. O uso de "C" designa % de proteção de CO₂ (AWS A5.32 Classe SG-C); "M" designa 75–80% Ar/equilibrio de CO₂ (AWS A5.32 Classe SG-AC-Y, em que Y é de 20 a 25). Para E70C-G [E48C-G] e E70C-GS [E48C-GS], o "C" ou "M" final pode ser omitido.

^b Limite de escoamento de compensação de 0,2% e alongamento em 2 in [50 mm] de comprimento medidor.

^c CO₂ = gás de proteção de dióxido de carbono (AWS A5.32 Classe SG-C). O uso de CO₂ para propósitos de classificação não é para ser interpretado para impedir o uso de misturas de gás de proteção Ar/CO₂ (AWS A5.32 Classe SG-AC-Y) ou Ar/O₂ (AWS A5.32 Classe SG-AO-X). Um metal de adição testado com misturas de gases, tais como Ar/O₂, ou Ar/CO₂, pode resultar em metal de solda tendo resistência mais alta e a alongamento mais baixo.

^d O gás de proteção é como combinado entre comprador e fornecedor, a menos que designado pelo sufixo "C" ou "M".

Fonte: Norma A.W.S. (2010, p. 404).



- **Processos Aprovados de Codificação**

O item 3.2.2 da norma apresenta os Processos Aprovados de Codificação e nele verifica-se que podem ser utilizadas os processos de soldagem ESW, EGW, GTAW e GMAW-S, desde que as WPSs sejam classificadas em conformidade com os requisitos da Cláusula 4 da norma, os limites variáveis essenciais na Tabela 4.5 da norma para GMAW devem ser igualmente aplicados em GMAW-S.

- **Fontes de Alimentação de FCAW e GMAW**

O item 3.2.4 da norma apresenta as fontes de Alimentação de FCAW e GMAW e nele consta que o FCAW e GMAW que forem consideradas como WPSs pré-qualificadas deverão ser feitas utilizando-se fontes de alimentação com voltagem constante (CV).

- **Limitações de Variáveis de WPS**

As limitações de variáveis de WPS são encontradas no item 3.6 da norma. Consta-se que:

Todas as WPSs pré-qualificadas que serão utilizadas devem ser preparadas pelo fabricante, produtor ou contratante como WPSs pré-qualificadas escritas e devem estar disponíveis para quem estiver autorizado a utilizá-las ou examiná-las. A WPS escrita pode seguir qualquer formato adequado (ver Anexo N para exemplos). Os parâmetros de soldagem estabelecidos na Tabelas 3.8 devem ser especificadas na WPS escrita e para variáveis com limites dentro da faixa indicada. Mudanças para as variáveis essenciais além daquelas permitidas por meio da Tabela 3.8 devem exigir uma WPS pré-qualificada nova ou revista, ou devem exigir que a WPS seja qualificada através de testes nos termos da Cláusula 4. (AWS, 2010, p. 60).

- **Combinação de WPSs**

No item 3.6.1 encontra-se a Combinação de WPSs. Verifica-se neste item que pode ser utilizada uma combinação de WPSs qualificadas e pré-qualificadas sem a qualificação do conjunto, desde que seja observada a limitação das variáveis essenciais aplicáveis em cada processo. O Formulário N-1 pode ser usado para registrar informações para uma WPS ou um PQR. O usuário deveria indicar a aplicação selecionada nas caixas apropriadas ou o usuário pode escolher deixar em branco os cabeçalhos inapropriados. WPS e PQR serão assinados pelo representante autorizado do Fabricante ou Empreiteiro. Para detalhes de junta na WPS, um esboço ou uma referência ao detalhe de junta pré-qualificado aplicável podem ser usados (por exemplo, B-U4a).



- **Requisitos Gerais de WPS**

Os Requisitos Gerais de WPS podem ser localizados no item 3.7. Identifica-se que todos os requisitos da Tabela 3.7 da norma devem ser cumpridos para WPSs pré-qualificadas, conforme apresenta a figura 4.

Figura 4 - Requisitos Gerais de W.P.S.

Tabela 3.7 Requisitos para WPS Pré-qualificadas ^f (ver 3.7)							
Variável	Posição	Tipo de Solda	SMAW	SAW ^d			GMAW/ FCAW ^e
				Passo único	Paralelo	Múltiplo	
Diâmetro máximo do eletrodo	Plana	Filete ^a	5/16 in [8,0 mm]	1/4 in [6,4 mm]			1/8 in [3,2 mm]
		Chanfro ^a	1/4 in [6,4 mm]				
		Passo de raiz	3/16 in [4,8 mm]				
	Horizontal	Filete	1/4 in [6,4 mm]	1/4 in [6,4 mm]			1/8 in [3,2 mm]
		Chanfro	3/16 in [4,8 mm]				
	Vertical	Todos	3/16 in [4,8 mm] ^b	Requer Teste de Qualificação WPS			3/32 in [2,4 mm]
Sobre-cabeça	Todos	3/16 in [4,8 mm] ^b	5/64 in [2,0 mm]				
Corrente máxima	Todas	Filete	Dentro da gama de operações indicadas pelo fabricante do metal de adição	1000A	1200A	Ilimitado	Dentro da gama de operações indicadas pelo fabricante do metal de adição
	Todas	Passo de raiz de solda em chanfro com abertura		600A	700A		
		Passo de raiz de solda em chanfro sem abertura			900A		
		Passos de enchimento de solda em chanfro			1200A		
		Passo de acabamento de solda em chanfro			Ilimitado		
EspeSSura máxima do passo de raiz ^d	Plana		3/8 in [10 mm]	Ilimitado			3/8 in [10 mm]
Horizontal		5/16 in [8 mm]				5/16 in [8 mm]	
Vertical	Todos		1/2 in [12 mm]				1/2 in [12 mm]
Sobre-cabeça			5/16 in [8 mm]				5/16 in [8 mm]
EspeSSura máxima do passo de enchimento	Todas	Todos	3/16 in [5 mm]	1/4 in [6 mm]	Ilimitado		1/4 in [6 mm]
Tamanho máximo de solda de filete em passo único ^c	Plana	Filete	3/8 in [10 mm]	5/16 in [8 mm]	5/16 in [8 mm]	1/2 in [12 mm]	1/2 in [12 mm]
	Horizontal		5/16 in [8 mm]				3/8 in [10 mm]
	Vertical		1/2 in [12 mm]				1/2 in [12 mm]
	Sobre-cabeça		5/16 in [8 mm]				5/16 in [8 mm]
					Passo único	Paralelo	Múltiplo
Largura máxima de camada em passo único	Todas (para GMAW/FCAW) F & H (para SAW)	Abertura de raiz > 1/2 in [12 mm] ou		Camadas divididas	Eletrodos lateralmente deslocados ou camadas divididas	Camadas divididas	Camadas divididas
		Qualquer camada de largura w		Camadas divididas se w > 5/8 in [16 mm]	Camadas divididas com eletrodos em tandem se w > 5/8 in [16 mm]	Se w > 1 in [25mm] camadas divididas	(Nota e)

^a Exceto passes de raiz.

^b 5/32 in [4,0 mm] para EXX14 e eletrodos com baixo nível de hidrogênio.

^c Ver 3.7.3 para requisitos para soldagem sem pintura e expostas ASTM A 588.

^d Ver 3.7.2 para limitações de largura-para-profundidade.

^e Nas posições P, H ou SC para camadas não tubulares, divididas quando a largura w > 1 [25 mm].

^f A área sombreada indica não-aplicabilidade.

^g O processo GMAW-S não deve ser pré-qualificado.



- **Requisitos de Solda em Chanfro com CJP**

De acordo com a norma, item 3.13 “as soldas em chanfro com CJP que podem ser usadas sem a realização de testes de qualificação WPS descritas na Cláusula 4, devem ser como detalhado na Figura 3.4 da norma e estão sujeitas aos limites descritos em 3.13.1. (dimensões da junta):

As dimensões as soldas em chanfro especificadas em 3.13 podem variar no projeto ou nos desenhos de detalhe dentro dos limites ou tolerâncias mostrados na coluna "Como detalhado" na Figura 3.4. O ajuste do limite de tolerância da Figura 3.4 pode ser aplicado à dimensão mostrada no desenho de detalhe. (AWS, 2010, p. 62-63).

A figura 5 apresenta as legendas utilizadas para detalhar as juntas.



Figura 5 - Metal Base Pré Qualificado A.W.S. D1.1

Legenda para as figuras 3.3 e 3.4

<p>Símbolos para tipos de juntas</p> <p>B – junta de topo C – junta de ângulo T – junta em T BC – junta de topo ou de ângulo TC – junta em T ou de ângulo BTC – junta de topo, em T ou de ângulo</p>	<p>Processos de soldagem</p> <p>SMAW – Soldagem a Arco de Metal Revestido GMAW – Soldagem Mig/Mag FCAW – Soldagem a Arco com Arame Tubular SAW – Soldagem a Arco Submerso</p>
<p>Símbolos para espessura e penetração do metal base</p> <p>P – PJP L – espessura limitada – CJP U – espessura ilimitada – CJP</p>	<p>Posições de soldagem</p> <p>F – plana H – horizontal V – vertical OH – sobre-cabeça</p>
<p>Símbolos para tipos de solda</p> <p>1 – chanfro quadrado 2 – chanfro em V simples 3 – chanfro em X 4 – chanfro em bisel simples 5 – chanfro em bisel duplo 6 – chanfro em U 7 – chanfro em duplo U 8 – chanfro em meio J 9 – chanfro em J duplo 10 – chanfro em bisel curvado 11 – chanfro em V curvado</p>	<p>Dimensões</p> <p>R = Abertura de raiz α, β = Ângulo de abertura do chanfro f = Face de raiz r = Raio de chanfro em meio J ou em U S, S₁, S₂ = Solda em Chanfro com PJP Profundidade de chanfro E, E₁, E₂ = Solda em Chanfro com PJP Tamanhos correspondendo a S, S₁, S₂, respectivamente</p>
<p>Símbolos para processos de soldagem, se não for SMAW</p> <p>S – SAW G – GMAW F – FCAW</p>	<p>Denominação de juntas</p> <p>As letras minúsculas, por exemplo, a, b, c etc., são usadas para diferenciar entre as juntas que, de outra forma, teriam uma mesma denominação.</p>

Notas para as figuras 3.3 e 3.4

- ^a Não pré-qualificado para GMAW-S nem GTAW.
- ^b A junta deve ser soldada apenas de um lado.
- ^c A aplicação cíclica de cargas impõe restrições quanto ao uso desse detalhe no caso de juntas de topo em posição plana (ver 2.18.2).
- ^d Raiz com goivagem por trás para sondar o metal antes de soldar o segundo lado.
- ^e Juntas detalhadas SMAW podem ser utilizadas para os processos GMAW e FCAW pré-qualificados (exceto GMAW-S).
- ^f Tamanho mínimo de solda (E) como mostrado na tabela 3.4. S, como especificado nos desenhos.
- ^g Se as soldas de filete são usadas em estruturas estaticamente carregadas para reforçar soldas em chanfro em juntas em T e de ângulo, estas devem ser igual a $T_1/4$, mas não precisa exceder 3/8 in [10 mm]. As soldas em chanfro em juntas em T e de ângulo de estruturas ciclicamente carregadas devem ser reforçadas com soldas de filete igual a $T_1/4$, não precisa exceder 3/8 in [10 mm].
- ^h As soldas em chanfro duplo podem ter chanfros com profundidade desigual, mas a profundidade do chanfro menos pronunciado não deve ser menor que um quarto de espessura da parte mais fina unida.
- ⁱ As soldas em chanfro duplo podem ter chanfros com profundidade desigual, desde que estes estejam em conformidade com os limites da Nota f. Também o tamanho de solda (E) aplica-se individualmente em cada chanfro.
- ^j A orientação de ambos os membros nas juntas pode variar de 135° a 180° nas juntas de topo, ou de 45° a 135° nas juntas de ângulo, ou ainda de 45° a 90° nas juntas em T.
- ^k No caso das juntas de ângulo, a preparação do chanfro externo pode ser em um ou ambos os membros, desde que a configuração básica do chanfro não seja alterada e a distância adequada da aresta seja mantida para dar suporte às operações de soldagem sem fusão excessiva da aresta.
- ^l O tamanho de solda (E) deve se basear em juntas soldadas niveladas.
- ^m No caso de soldas de chanfro em V curvado e soldas de chanfro em bisel curvado para seções tubulares retangulares, o raio r deve ser duas vezes a espessura da parede.
- ⁿ No caso de soldas de chanfro em V curvado para superfícies com diferentes raios r, deve ser utilizado o menor

Fonte: Norma A.W.S. (2010, p. 78).

Na figura 6 são apresentados os requisitos de soldagem pré-qualificado de chanfro em V simples.



Figura 6 - Metal Base Pré Qualificado A.W.S. D1.1

Solda de chanfro em V simples (2) Junta de topo (B)						Tolerâncias		
						Como detalhado (ver 3.13.1)	Como ajustado (ver 3.13.1)	
				R = +1/16, -0	+1/4, -1/16			
				$\alpha = +10^\circ, -0^\circ$	+10°, -5°			
Processo de soldagem	Denominação da junta	Espessura do Metal Base (U = ilimitado)		Preparação em Chanfro		Posições de soldagem permitidas	Gás de proteção para FCAW	Notas
		T ₁	T ₂	Abertura de raiz	Ângulo de abertura do chanfro			
SMAW	B-U2a	U	—	R = 1/4	$\alpha = 45^\circ$	Todas	—	e, j
				R = 3/8	$\alpha = 30^\circ$	P, V, SC	—	e, j
				R = 1/2	$\alpha = 20^\circ$	P, V, SC	—	e, j
GMAW FCAW	B-U2a-GF	U	—	R = 3/16	$\alpha = 30^\circ$	P, V, SC	Exigido	a, j
				R = 3/8	$\alpha = 30^\circ$	P, V, SC	Não exigido	a, j
				R = 1/4	$\alpha = 45^\circ$	P, V, SC	Não exigido	a, j
SAW	B-L2a-S	2 máx.	—	R = 1/4	$\alpha = 30^\circ$	P	—	j
SAW	B-U2-S	—	—	R = 5/8	$\alpha = 20^\circ$	P	—	j

Fonte: Norma A.W.S. (2010, p. 96).



- **Adequação de Classificação**

No item 5.3.1.2 pode-se encontrar que a classificação e tamanho do consumível, comprimento de arco, voltagem, e amperagem devem ser adequadas à espessura do material, tipo de chanfro, posições de soldagem e outras circunstâncias relativas ao trabalho. A corrente de soldagem deve estar dentro da faixa recomendada pelo fabricante do eletrodo.

- **Consumível GMAW/FCAW**

Com relação aos consumíveis para GMAW ou FCAW, consta no do item 5.3.4 que devem estar em conformidade com os requisitos de 5.3.4.1 ou 5.3.4.2, conforme aplicável.

5.3.4.1 Metal de Solda de Limite de escoamento Igual ou Menor que 60 ksi [415 MPa]. Eletrodos para produzir metal de solda com limites de elasticidade mínimos especificados de 60 ksi [415 MPa] ou menos devem estar em conformidade com a última edição de A5.18/A5.18M, *Specification for Carbon Steel Electrodes and Rods for Gás Shielded Arc Welding*, da AWS, ou A5.20/A5.20M, *Specification for Carbon Steel Electrodes for Flux Cored Arc Welding*, da AWS, conforme aplicável.

- **Metal de Solda de Limite de escoamento Igual ou Menor que 60 ksi [415MPa]**

O item 5.3.4.1 contempla os Eletrodos para produzir metal de solda com limites de elasticidade mínimos especificados de 60 ksi [415 MPa] ou menos devem estar em conformidade com a última edição de A5.18/A5.18M, *Specification for Carbon Steel Electrodes and Rods for Gás Shielded Arc Welding*, da AWS, ou A5.20/A5.20M, *Specification for Carbon Steel Electrodes for Flux Cored Arc Welding*, da AWS, conforme aplicável.

- **Metal de Solda de Limite de escoamento Maior que 60 ksi [415 MPa]**

No item 5.3.4.2 encontra-se os Eletrodos para produzir metal de solda com limites de elasticidade especificados maiores que 60 ksi [415 MPa] devem estar em conformidade com a última edição de 5.28/A5.28M, *Specification for Low-Alloy Steel Electrodes and Rods for Gás Shielded Arc Welding*, da AWS, ou A5.29/A5.29M, *Specification for Low Alloy Steel Electrodes for Flux Cored Arc Welding*, da AWS, conforme aplicável.

- **Variáveis WPS**

No item 5.5 trata das variáveis de soldagem devem estar em conformidade com uma WPS por escrito (ver Anexo N, Formulário N-1, como um exemplo). Cada passe terá fusão



completa com o metal base adjacente, e de tal forma que não haja depressões ou mordeduras indevidas na extremidade da solda. A concavidade excessiva de passes iniciais deve ser evitada para prevenir trinca nas raízes de juntas sob restrição. Todos os soldadores, operadores de soldagem e soldadores ponteadores devem ser informados sobre o uso apropriado da WPS, e a WPS aplicável deve ser seguida durante a realização da soldagem.

- **Preparação de Metal Base**

Encontra-se no item 5.15 superfícies nas quais o metal de solda será depositado devem ser lisas, uniformes e livres de rebarbas, dilacerações, trincas e outras discontinuidades que afetariam adversamente a qualidade ou resistência da solda. Superfícies a ser em soldadas e superfícies adjacentes a uma solda devem também estar livres de crostas soltas ou grossas, escória, ferrugem, umidade, graxa e outro material estranho que impediria uma soldagem apropriada ou produziria fumaças indesejáveis. Óxido de ferro que pode suportar escovação com escova metálica, um pequeno revestimento antiferrugem ou composto anti-respingo pode permanecer com a seguinte exceção: para traves em estruturas ciclicamente carregadas, todo óxido de ferro deve ser removido das superfícies em que soldas flange-a-braçadeira serão feitas.

- **Preparação da Junta.**

Em consonância com o item 5.15.2 a Usinagem, corte térmico, goivagem (inclusive goivagem e corte de arco de plasma), cinzelamento, ou retificação podem ser usados para a preparação da junta, ou remoção de trabalho ou metal inaceitável, exceto que goivagem por oxigênio não deve ser usada em aços que são encomendados como resfriados e temperados ou normalizados.

- **Limpezas de Solda**

O item 5.30 trata das Limpezas de Solda e remete aos itens 5.30.1 Limpeza Durante o Processo e 5.30.2 Limpeza de Soldas Terminadas.

No item 5.30.1 Limpeza Durante o Processo antes de soldar sobre metal previamente depositado, toda escória deve ser removida e a solda e metal base adjacente devem ser limpos por escovação ou outros meios adequados. Esse requisito deve aplicar-se não apenas a camadas sucessivas, mas também a esferas sucessivas e à área de cratera quando a soldagem é recomeçada após qualquer interrupção. Ele não deve, no entanto, restringir a soldagem de soldas de tampão em conformidade com 5.25.



No item 5.30.2 limpeza de Soldas Terminadas a escória deve ser removida de todas as soldas finalizadas, e a solda e metal base adjacente devem ser limpos por escovação ou outros meios adequados. Respingos firmemente aderentes que remanesçam após a operação de limpeza são aceitáveis, a menos que sua remoção seja requerida para o propósito de Ensaio Não Destrutivos (END). Juntas soldadas não devem ser pintadas até depois que a soldagem tenha sido finalizada e a solda aceita.

A figura 7 apresenta o fluxograma do “passo a passo” da elaboração da W.P.S. conforme apresentado neste trabalho e a figura 8 apresenta a especificação do processo de soldagem WPS, pré-qualificada e respectivo procedimento de soldagem, em consonância com a respectiva norma, objeto de estudo deste artigo.



Figura 7 - Fluxograma do passo a passo da elaboração da W.P.S.

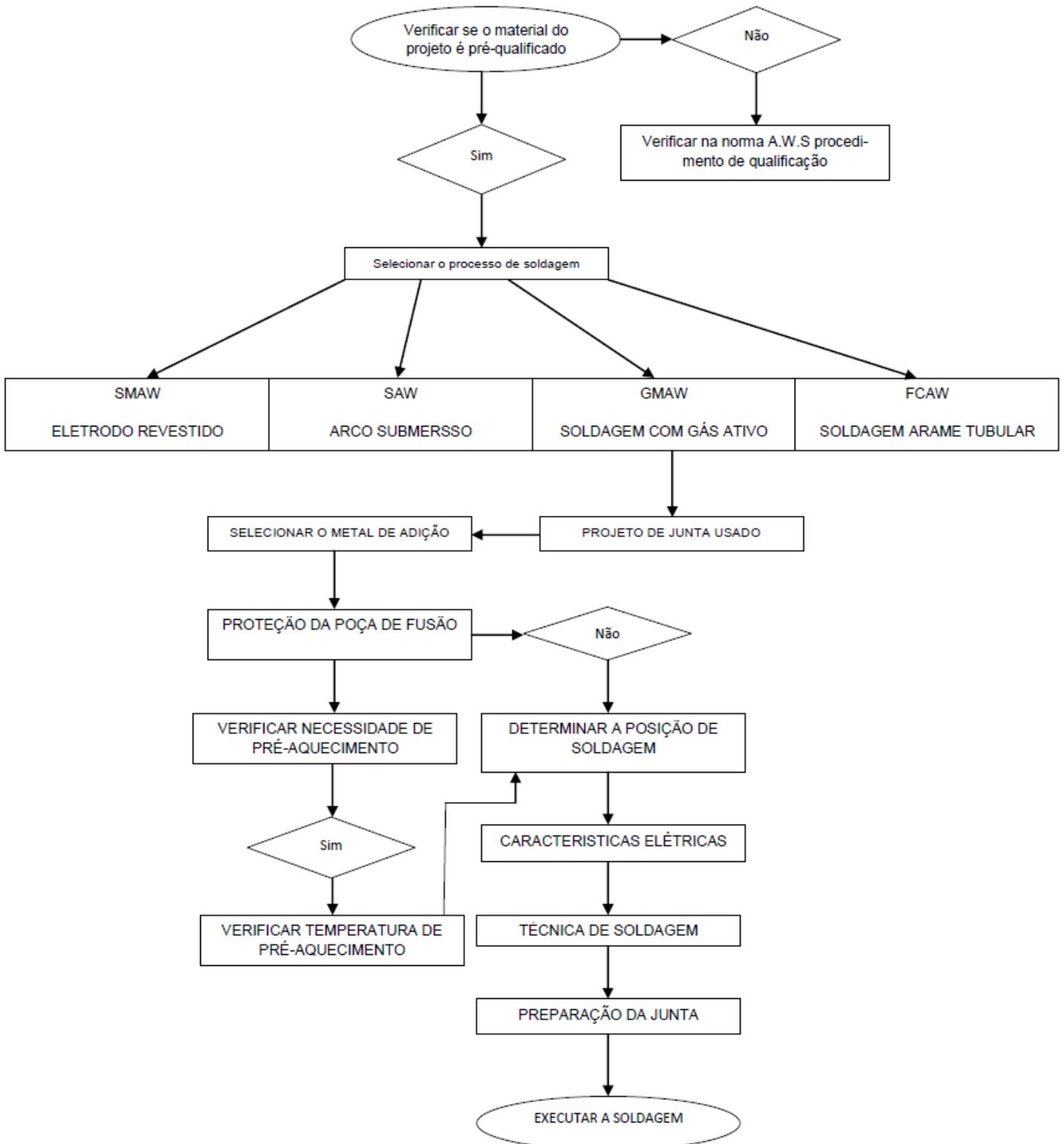




Figura 8 – Especificação do processo de soldagem WPS pré-qualificada

ESPECIFICAÇÃO DE PROCEDIMENTO DE SOLDAGEM (WPS) Sim
PRÉ-QUALIFICADA QUALIFICADA POR TESTE _____
ou REGISTROS DE PROCEDIMENTO DE QUALIFICAÇÃO (PQR) Sim

Nome da Empresa Fatec Sertãozinho Dep. Waldyr Alceu Trigo	Identificação # W001-18
Processo(s) de Soldagem GMAW	Revisão 01 Data 12/10/2018 Por L. Tito Guerreiro
PQR de Suporte Nº(s) pré/qualificado	Autorizado por L. Tito Guerreiro Data 12/10/2018
PROJETO DE JUNTA USADO Tipo: Topo Única <input checked="" type="checkbox"/> Solda Dupla <input type="checkbox"/> Reforço. Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>	Tipo—Manual <input type="checkbox"/> Semiautomático <input checked="" type="checkbox"/> Mecanizado <input type="checkbox"/> Automático <input type="checkbox"/>
Material de Reforço:	POSIÇÃO
Abertura de Raiz 2 mm Dimensão de Face de Raiz 2 mm Ângulo de Chanfro. 30° Raio (J-U) N/A Goivagem por Trás: Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Método Esmelamento	Posição de Chanfro: H Filete: N/A Progressão Vertical: Para Cima <input type="checkbox"/> Para Baixo <input type="checkbox"/>
METAIS BASE	CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS
Especificação de Material ASTM – A36 Tipo ou Grau 2 Espessura: Chanfro 12,7mm Filete N/A Diâmetro (Cano) N/A	Modo de Transferência (GMAW) Curto-Circuito <input checked="" type="checkbox"/> Globular <input type="checkbox"/> Pulverização <input type="checkbox"/> Corrente: AC <input type="checkbox"/> DCEP <input type="checkbox"/> DCEN <input type="checkbox"/> Pulsada <input type="checkbox"/> Fonte de Energia: CC <input type="checkbox"/> CV <input checked="" type="checkbox"/> Outros N/A Eletrodo de Tungstênio (GTAW) Tamanho: N/A Tipo: N/A
METAIS DE ADIÇÃO	TÉCNICA
Especificação AWS A5. 8 Classificação AWS ER70-S6	Passo estreito ou Escamas de Solda: Escamas Passo Múltiplo ou Único (por lado) 4 passes Número de Eletrodos N/A Espaçamento de Eletrodo Longitudinal N/A Lateral 80° a 150° - 210° a 280° Ângulo 0° a 15° Tubo de Contato para Distância de Trabalho 1" - 1/2"
PROTEÇÃO	Martelamento N/A Limpeza de Interpasse: Escova de Aço
Fluxo N/A Gás CO ² Composição 100% CO ² Eletrodo-Fluxo (Classe) ER70-S Taxa de Fluxo 14 à 18 ml/min. Tamanho do Bocal de Gás 15 mm	TRATAMENTO TÉRMICO PÓS-SOLDA Temp. N/A Tempo: N/A
PRÉ-AQUECIMENTO	
Temp. Pré-aquecimento, Min. N/A Temp. de Interpasse, Min. N/A Máx. N/A	

PROCEDIMENTO DE SOLDAGEM								
PASSE OU SOLDA CAMADA(S)	PROCESSO	METAIS DE ADIÇÃO		CORRENTE			VELOCIDADE DE DESLOCAMENTO	DETALHES DA JUNTA
		CLASSE	DIÂMETRO	TIPO E POLARIDADE	AMPS OU ARAME VELOCIDADE DE ALIMENTAÇÃO	VOLTS		
4	GMAW	A.W.S A5.8	1.2	CC+	225 A 8,76 m/min.	26,5	350 mm/min.	B-U2a-GF

Fonte: elaborada pelos autores (2018), com fundamento na norma AWS D1.1.



5 CONCLUSÃO

Este artigo teve como objetivo investigar e apresentar um passo a passo sobre o processo pré-qualificado de uma especificação de soldagem utilizando-se o processo semiautomático, Soldagem por arco elétrico com gás de proteção, Gás Metal Arc. *Welding* (GMAW), com material de base ASTM-A36 grupo II, por meio do capítulo 3 da norma A.W.S. D1. 1.

Após a realização da pesquisa documental concluiu-se que se for seguido o processo pré-qualificado através da norma a chance de a solda apresentar problema é mínima, uma vez que tem o material de base combinado com o material de adição correto, o fluxo de proteção da poça de fusão adequado ao processo selecionado, no caso o *GMAW*. No entanto, há alguns fatores que remetem a tais possibilidades de erro, tais como o fator humano, o ambiente e a preparação da junta etc.

Nesse sentido, pode-se inferir que o passo a passo criado nesta pesquisa, com fundamento na norma A.W.S. D1. 1 poderá contribuir para profissionais da área, soldadores, evitando-se desperdícios de tempo e obtendo-se um custo x benefício viável para a empresa.

Embora WPSs pré-qualificadas estejam isentas de testes, a norma requer que o Empreiteiro prepare uma WPS escrita para ser usada na fabricação. Isso é um registro dos materiais e variáveis de soldagem que mostra que a WPS atende aos requisitos para *status* pré-qualificado. A norma requer que quatro variáveis críticas sejam especificadas na WPS pré-qualificada por escrito no âmbito de limites que irão assegurar que fornece orientação significativa para aqueles que programam suas provisões. As faixas permissíveis para amperagem, voltagem, velocidade de deslocamento e gás protetor, conforme aplicável.

Sugere-se uma continuidade nesta pesquisa, realizando-se na prática o processo pré-qualificado e, inclusive, há o intento de se fazer esta pesquisa em nível de pós-graduação.

REFERÊNCIAS

AMERICAN WELDING SOCIETY (AWS). **Código de Soldagem Estrutural – aço.** AWS D1.1. 22 ed. 2010.



ESAB. **Processo de soldagem:** MIG/MAG (GMAW). 2018. Disponível em:
<https://www.esab.com.br/br/pt/education/blog/processo_soldagem_mig_mag_gmaw.cfm.>
Acesso em: 11 out. 2018.

FAVORIT Aços especiais. **Mix de produtos em diversas qualidades, bitolas e dimensões.**
Cachoeirinhas/RS. ed. 12. 2012.

MARQUES, Paulo Vilani; MODENESI, Paulo José; BRACARENSE, Alexandre Queiroz.
Soldagem: fundamentos e tecnologia. 3. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2011.