

Projeto de Pesquisa

**AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS DE ENSAIO PARA  
DETERMINAÇÃO DE TEMPERATURA CRÍTICA DE  
PITE EM AÇO INOXIDÁVEL DÚPLEX POR VIA  
POTENCIOSTÁTICA**

Proponente: Prof. Dr. Rodrigo Magnabosco

[rodrmagn@fei.edu.br](mailto:rodrmagn@fei.edu.br)

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica

Área de concentração: Materiais e Processos

Centro Universitário FEI

Fundação Educacional Inaciana Pe. Sabóia de Medeiros

Candidata a bolsa: Gabriella Reis Carrer Spedo  
[gabicarrer@hotmail.com](mailto:gabicarrer@hotmail.com)

*04 de outubro de 2016*

## RESUMO

A corrosão por pite é uma das mais temidas formas de corrosão dos aços inoxidáveis, pois nem sempre sua identificação é possível por inspeção visual. Sendo a temperatura fator influente na estabilidade da película passiva dos aços inoxidáveis, e portanto na resistência a nucleação de pites, desenvolveu-se o critério de temperatura crítica de pite (TCP, ou CPT do inglês “critical pitting temperature”), para a caracterização da resistência a corrosão por pite. O presente projeto tem por objetivo avaliar a influência da concentração de íons cloreto e do potencial aplicado durante ensaios de polarização potencioestática de aço inoxidável dúplex (DSS), para determinação da temperatura crítica de pite (CPT), compreendendo o papel destas duas importantes variáveis de agressividade do meio na determinação da resistência a corrosão por pite do DSS. Pretende-se mapear o comportamento da CPT para diferentes concentrações de íons cloreto e diferentes potenciais de trecho passivo aplicados nos ensaios potencioestáticos, aumentando a compreensão da influência destas variáveis na determinação de CPT de aço inoxidável dúplex.

Palavras-chave: aço inoxidável dúplex, corrosão por pite, temperatura crítica de pite, TCP, polarização potencioestática.

## **EVALUATION OF TEST PARAMETERS FOR CRITICAL PITTING TEMPERATURE (CPT) DETERMINATION IN DUPLEX STAINLESS STEEL BY POTENTIOSTATIC POLARIZATION**

Pitting corrosion is one of the most feared forms of corrosion in stainless steels, due to the difficult of its identification by visual inspection. Being temperature an important factor on the stability of the passive film of stainless steels, and therefore on the resistance to pitting nucleation, critical pitting temperature (CPT) was defined to the characterization of pitting corrosion resistance. This project aims to study the influence of the chloride ions concentration and applied potential during potentiostatic polarization tests of a duplex stainless steel (DSS) in the determination of CPT, evaluating the role of these two important aggressiveness variables in the determination of the pitting corrosion resistance of DSS. It is intended to map the CPT behavior for different concentrations of chloride ions and different applied potentials of the passive range in potentiostatic tests, increasing the understanding of the influence of these variables in determining CPT of DSS.

Rthhtyetyhtry

Keywords: duplex stainless steel, DSS, pitting corrosion, Critical Pitting Temperature, CPT, potentiostatic polarization.

## 1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA, COM SÍNTESE DA BIBLIOGRAFIA FUNDAMENTAL

### *Aços inoxidáveis dúplex*

Aços inoxidáveis dúplex (AID ou DSS do inglês “duplex stainless steels”) são amplamente utilizados em situações que demandem a combinação de alta resistência mecânica, alta tenacidade e grande resistência a corrosão<sup>1-4</sup>. São ligas Fe-Cr-Ni-Mo-N, com microestrutura típica composta por 40-45% de ferrita e 55-60% de austenita, obtidas após tratamento de solubilização entre 1000°C e 1200°C, seguido de resfriamento em água<sup>5</sup>.

Estes aços podem ser classificados quanto a sua resistência a corrosão por pite através do número de resistência equivalente a pite (PREN, do inglês “*pitting resistance equivalence number*”), através da relação  $PREN = \%Cr + 3,3.\%Mo + 16.\%N$ , e relata-se<sup>6</sup> que quanto maior o valor de PREN, maior a resistência a corrosão por pite. São classificados como aços inoxidáveis dúplex quando o valor de PREN situa-se entre 30 e 40; entre 40 e 50, os aços passam a se designar superdúplex, e para valores de PREN superiores a 50 tem-se os chamados aços hiperdúplex. A Tabela 1 mostra composições químicas típicas de três aços dúplex, caracterizando as composições químicas de cada uma destas classes.

Tabela 1 - Composição química nominal (%massa) de três aços inoxidáveis dúplex típicos e seus valores de PREN.

Material	Cr	Ni	Mo	N	PREN	Classe de resistência a corrosão por pite
UNS S31803	22	5	3	0,2	35,1	dúplex
UNS S32750	25	7	3,5	0,3	41,4	superdúplex
UNS S33207	32	7	3,5	0,5	51,6	hiperdúplex

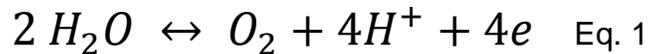
A corrosão por pite é uma das formas de corrosão mais temidas nos aços inoxidáveis, pois nem sempre sua identificação pode ser efetuada por inspeção visual. Caracterizada por ataque corrosivo extremamente localizado, inicia-se pela quebra da película passiva, particularmente em soluções contendo íons halogênios, notadamente cloretos, que substituem moléculas de água da película passiva e levam a formação de íons metálicos complexos, enfraquecendo a película. Para compensar a presença dos cátions metálicos, os ânions cloreto migram para a região afetada, balanceando as cargas elétricas envolvidas. O aumento da concentração local de cloretos leva à hidrólise da água, resultando na formação de ácido clorídrico: diminuindo o pH local, a taxa de corrosão aumenta, levando a aumento da concentração de cloretos localmente, fazendo da corrosão por pite um processo autocatalítico.

Uma forma de se medir a resistência a corrosão por pite de aços inoxidáveis, notadamente a resistência a nucleação de pites, é através da determinação do potencial de pite ( $E_p$ ), usualmente determinado em ensaios de polarização potenciodinâmica a temperatura ambiente em solução 0,6 M NaCl. Nestas, define-se o potencial de quebra de passividade ( $E_{pb}$ , do inglês “passivity breakdown potential”) como sendo o potencial que marca aumento brusco de densidade de corrente a partir do trecho passivo, que tipicamente apresenta densidades de corrente da ordem de  $10^{-6}$  A/cm<sup>2</sup>. Este aumento brusco caracterizaria a nucleação e crescimento estável de pelo menos um pite na superfície do eletrodo de trabalho. Nestas condições, assume-se que  $E_{pb}$  é o potencial de pite ( $E_p$ ) do material do eletrodo de trabalho.

Na Figura 1 nota-se que o valor de  $E_{pb}$  para uma amostra solubilizada de aço UNS S31803 é bastante elevado, em torno de 1050 mV<sub>ECS</sub>, enquanto que amostras sujeitas a envelhecimento a 850 °C por diferentes tempos (10 min e 100h, com diferentes frações de fase sigma formadas) tem seu potencial de pite reduzido para aproximadamente 200 mV<sub>ECS</sub><sup>7</sup>. Assim, nota-se que a formação de fase sigma, rica em Cr e Mo e que leva a formação de regiões na matriz empobrecidas neste

elemento, causa enfraquecimento da película passiva. Com este enfraquecimento, a resistência a nucleação de pites é reduzida, causando a redução no potencial de pite das amostras, amplamente discutida na literatura <sup>7-8</sup>.

No entanto, em soluções levemente ácidas, como é o caso das soluções de cloreto de sódio, reação anódica de geração de oxigênio como a descrita na Eq. 1 ocorre em potenciais ( $E_{O|H^+}$ ) superiores aos determinados pela Eq. 2, onde T é a temperatura em °C.



$$E_{O|H^+} = 598 - 1,39.T[mV_{ECS}] \quad \text{Eq. 2}$$

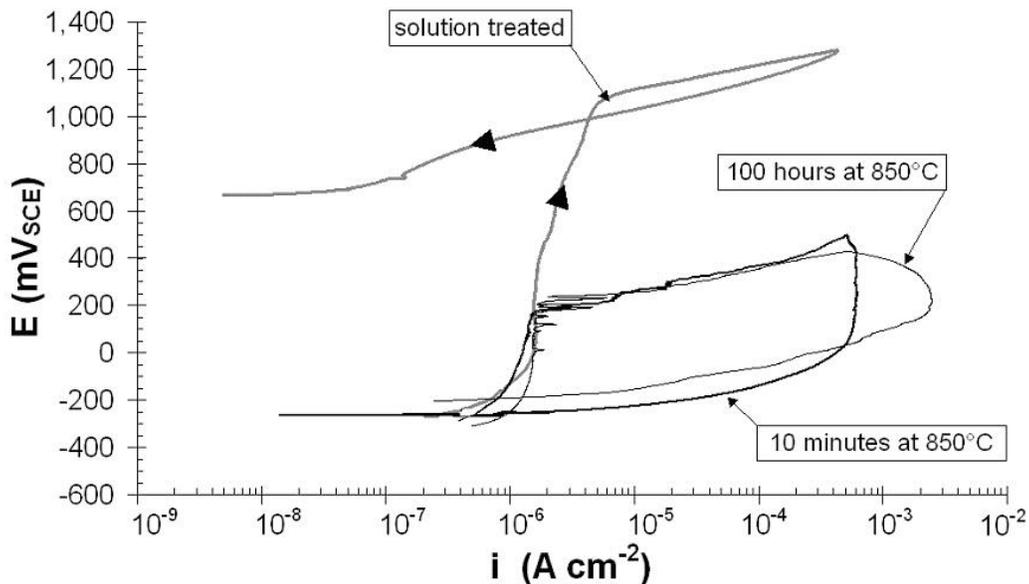


Figura 1 - Curvas de polarização potenciodinâmica em solução 0,6 M NaCl de amostras de aço UNS S31803 solubilizada e envelhecidas a 850 °C por 10 min ou 100 h <sup>7</sup>.

Assim, se o potencial em que ocorre o aumento brusco de densidade de

corrente a partir do trecho passivo é superior ao potencial de equilíbrio dado pela Eq. 2, muito provavelmente o aumento de densidade de corrente tem boa parcela decorrente da liberação de elétrons da reação anódica de evolução de oxigênio da Eq. 1, e não apenas do processo corrosivo que ocorre no interior do pite, num processo conhecido como transpassivação. Além disso, é comum em potenciais superiores a 900 mV<sub>ECS</sub> a geração de bolhas de oxigênio na superfície do eletrodo de trabalho, ou seja, há a criação de uma interface tripla entre superfície metálica, solução e bolha de gás, que ajuda a danificar a película passiva e facilita a nucleação de pites. Assim, mesmo que pites sejam observados na superfície do eletrodo de trabalho, se  $E_{pb}$  for superior ao potencial de equilíbrio da Eq. 1, calculado pela Eq. 2, não é medida confiável da resistência a nucleação de pites, e não deveria ser considerado como um  $E_p$  válido.

Outro fator que leva a enfraquecimento da película passiva de aços inoxidáveis é a temperatura: observa-se que a nucleação de pites é facilitada com o aumento da temperatura. Na figura 2, mostram-se valores de  $E_{pb}$  para o mesmo aço UNS S31803 determinados em solução 0,6 M NaCl em diferentes temperaturas, e nota-se que temperaturas acima de 50 °C levam a  $E_{pb}$  inferiores aos potenciais de equilíbrio da Eq. 2: assim, valores de  $E_{pb}$  obtidos acima de 50°C estão apenas relacionados a reações anódicas de dissolução de metal no eletrodo de trabalho, e não são influenciados pela reação anódica de evolução de oxigênio, e assim podem ser considerados como valores de  $E_p$  confiáveis.

Sendo a temperatura fator influente na estabilidade da película passiva dos aços inoxidáveis, e portanto em sua resistência a nucleação de pites, desenvolveu-se o critério de temperatura crítica de pite (TCP, ou CPT do inglês “critical pitting temperature”), como a temperatura na qual um dado material passa a apresentar pite como principal mecanismo de corrosão. A norma ASTM G48 <sup>10</sup> em seu método E indica que amostras de aço inoxidável devem ser imersas em solução acidificada de cloreto férrico por 24 h, e caso pites não sejam observados (ou se o ataque tiver profundidade menor que 25  $\mu\text{m}$ ), novo teste deve ser conduzido em temperatura

5 °C superior ao teste anterior, até que se observe corrosão por pite, sendo a CPT então determinada. Num trabalho <sup>11</sup> que utilizou esta técnica, CPT de um típico aço UNS S31803 foi determinada em 40 °C. A técnica descrita na ASTM G48 é de fácil execução, mas toma grande tempo de ensaio e grande quantidade de experimentos paralelos para a determinação de CPT.

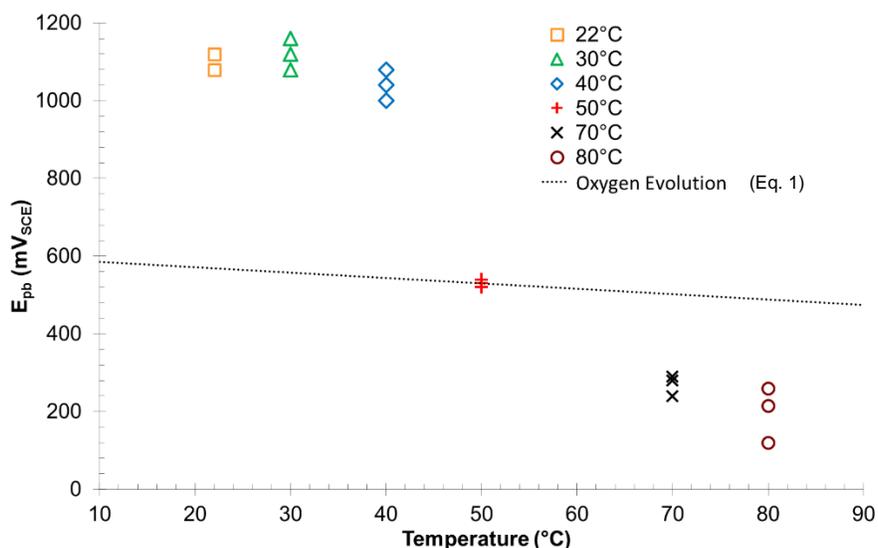


Figura 2 - Potencial de quebra de passividade (Epb) em solução 0,6 M NaCl de amostra de aço UNS S31803 solubilizada em função da temperatura da solução <sup>9</sup>.

Outros trabalhos<sup>9,11-15</sup> sugerem que ensaios de polarização potenciodinâmica em soluções contendo NaCl sejam conduzidos em diferentes temperaturas, sendo a CPT determinada como a mais baixa temperatura onde se obtém E<sub>pb</sub> sem a influência da reação anódica de evolução de oxigênio, marcada por brusco aumento da densidade de corrente em potenciais inferiores a aproximadamente 900 mV<sub>ECS</sub>. Nestes trabalhos, as curvas de polarização potenciodinâmicas foram obtidas em soluções cujas concentrações de NaCl variaram de 0,1 M a 1,6M, resultando em CPT entre 40 °C e 55 °C para aço UNS S31803 em microestruturas típicas de solubilização. Como a severidade da solução é diretamente ligada a concentração de íons cloreto, estudos mais cuidadosos da influência da concentração de Cl<sup>-</sup> na CPT são necessários.

Num trabalho recente do grupo de pesquisa do proponente<sup>9</sup>, foi proposta uma metodologia para determinação de CPT a partir de valores de  $E_{pb}$  obtidos em diferentes temperaturas: CPT deve ser determinada como o ponto de inflexão da curva  $E_{pb}$  em função da temperatura, que tem formato sigmoidal, como mostra a Figura 3, na qual a CPT de um típico aço UNS S31803 foi determinada como 49 °C. Todavia, a técnica potenciodinâmica de determinação de CPT é trabalhosa, demandando inúmeros corpos de prova e ensaios potenciodinâmicos válidos.

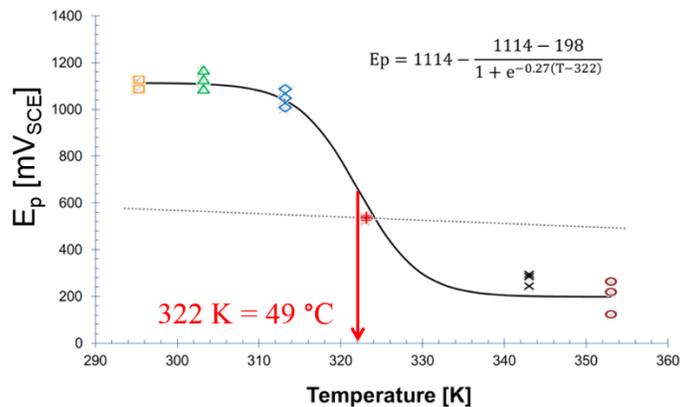


Figura 3 - Potencial de quebra de passividade ( $E_{pb}$ ) em solução 0,6 M NaCl de amostra de aço UNS S31803 solubilizada em função da temperatura da solução, indicando que CPT, determinada como o ponto de inflexão da função, é 49 °C<sup>9</sup>.

Outra forma de determinação da CPT é descrita na norma ASTM G150<sup>16</sup>, numa técnica de polarização potencioestática a 700 mV<sub>ECS</sub> em solução 1 M NaCl (potencial normalmente no centro do trecho passivo de uma curva de polarização potenciodinâmica na mesma solução a temperatura ambiente, vide curva semelhante na Figura 1), variando-se a temperatura da solução de 0 a 100 °C a uma taxa de 1 °C/min. Nesta técnica, registra-se a variação da densidade de corrente durante a polarização potencioestática em função da temperatura, e segundo a norma citada, a CPT é determinada quando há aumento da densidade de corrente a valores superiores a 100  $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ , como mostra a Figura 4.

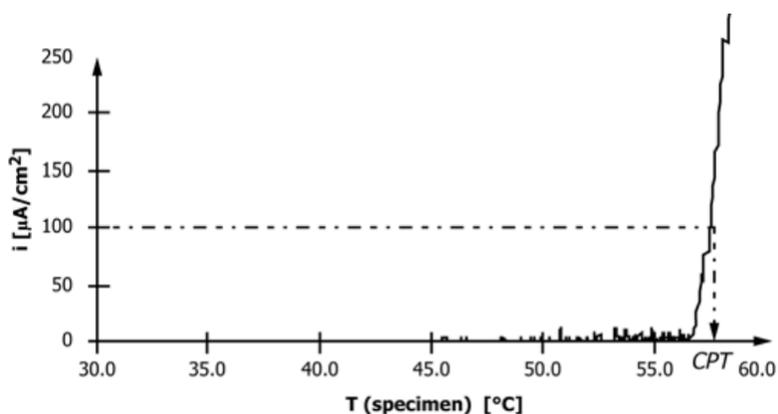


Figura 4 - Exemplo de determinação de CPT usando a técnica potencioestática seguindo a norma ASTM G150 <sup>16</sup>.

Uma vantagem desta técnica é ter maior flexibilidade na determinação da CPT, uma vez que a temperatura é continuamente alterada durante o ensaio, não ficando restrita às temperaturas estabelecidas nos ensaios de imersão ou de polarização potenciodinâmica anteriormente descritos. Assim, diferenças mais sutis de CPT entre DSS, como por exemplo diferentes frações de ferrita e austenita (e portanto diferentes partições de Cr, Mo e N entre as fases) podem ser caracterizadas com melhor acurácia. Na literatura <sup>17-19</sup>, no entanto, poucos são os trabalhos que seguem estritamente a norma ASTM G150 <sup>16</sup>, não existindo consenso sobre os parâmetros utilizados na determinação de CPT por técnicas potencioestáticas, e portanto não permitindo concluir se diferenças nos valores encontrados de CPT se devem a diferenças entre os aços em estudo, ou se são devidas a diferenças na severidade dos ensaios. Exemplificando, na Tabela 2 encontram-se valores de CPT em típicos DSS UNS S31803 solubilizados obtidos em três diferentes trabalhos, utilizando diferentes concentrações de NaCl e diferentes potenciais aplicados, ou seja, com diferentes severidades de ensaio quanto ao dano a película passiva. Informação técnica de renomado fabricante de DSS<sup>20</sup>, apresentada na Figura 5, mostra que a determinação de CPT para aços dúplex com condição de acabamento superficial lixado até grana #600 e polarizados potencioestaticamente a 600 mV<sub>ECS</sub> tem forte influência da concentração de íons

cloreto, dificultando por exemplo a comparação dos dados apresentados na Tabela 2; os diferentes potenciais aplicados são também outro fator complicador na comparação de resultados.

Tabela 2 - Diferentes valores de CPT apresentados na literatura para aço UNS S31803, sob diferentes condições de ensaio potencioestático.

Referência	Potencial aplicado [mV <sub>ECS</sub> ]	Concentração da solução [M NaCl]	CPT [°C]
17	750	1	56
18	750	0,1	60
19	650	0,1	73

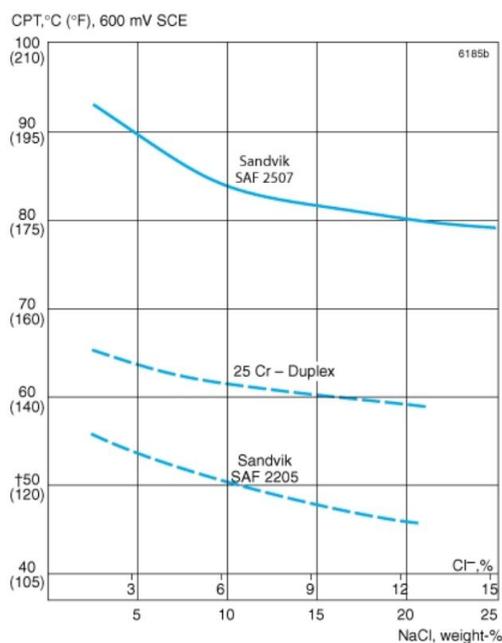


Figura 5 - Influência do teor de cloreto na determinação de CPT de DSS durante polarização potencioestática a 600 mV<sub>ECS</sub> de eletrodos com acabamento propiciado por lixamento até #600 <sup>20</sup>.

Com os fatos aqui expostos, nota-se que há uma lacuna de conhecimento no que se refere a influência dos parâmetros de ensaio potencioestático para

determinação da CPT, notadamente a concentração de cloretos da solução e o potencial aplicado. Tal tema é de grande relevância científica e tecnológica, visto que permitirá a comparação de diferentes DSS sem a dúvida da influência dos parâmetros de ensaio na determinação da CPT. Além disso, um desafio tecnológico secundário é também a comparação da CPT de aços com maiores teores de elementos de liga, e maiores valores de PREN, como os aços superdúplex e hiperdúplex exemplificados na Tabela 1: meios mais severos de polarização potencioestática (com maiores potenciais ou maiores concentrações de íons cloreto) podem flexibilizar uma mesma rotina de ensaios para diferentes classes de materiais.

## **2. OBJETIVOS**

O presente projeto tem por objetivo avaliar a influência da concentração de íons cloreto e do potencial aplicado durante ensaios de polarização potencioestática de aço inoxidável dúplex (DSS), para determinação da temperatura crítica de pite (CPT), compreendendo o papel destas duas importantes variáveis de agressividade do meio na determinação da resistência a corrosão por pite do DSS. Pretende-se mapear o comportamento da CPT para concentração de íons cloreto variando a concentração de cloreto de sódio na solução de 0,1 M a 6 M, e variando os potenciais aplicados dentro de limites obtidos de curvas de polarização potenciodinâmicas, utilizadas para caracterização do trecho passivo.

## **3. METODOLOGIA**

O material a estudar encontra-se disponível no Centro Universitário FEI na forma de chapa de 3 mm de espessura de aço inoxidável dúplex UNS S321803, laminada a 1100°C e resfriada por jato de ar e água forçado. A composição química

do material encontra-se na Tabela 3, e as atividades deste trabalho serão realizadas em cinco grandes etapas, descritas nos itens que seguem; o cronograma global destas atividades está descrito na Tabela 4. Todos os equipamentos necessários à execução das atividades são de propriedade do Centro Universitário FEI e estão disponíveis para a execução das atividades propostas.

Tabela 3 – Composição química (%massa) do aço inoxidável dúplex a estudar.

Cr	Ni	Mo	N	C	Mn	Si	V	Cu	bal.	PREN
22,1	5,7	3,2	0,17	0,02	1,38	0,34	0,13	0,15	Fe	35,4

**A. Revisão da literatura:** revisão crítica da literatura se faz necessária para a compreensão do fenômeno de corrosão por pite, especialmente em aços inoxidáveis dúplex, e para contextualização de valores de CPT para estes aços e avaliação de variação deste valor em função das técnicas de determinação. Também se faz necessário estudo aprofundado da técnica de polarização potencioestática, e do resultado esperado frente ao fenômeno de corrosão por pite.

**B. Preparação de amostras e caracterização microestrutural:** amostras do aço em estudo na condição solubilizada de fornecimento deverão ser cortadas e embutidas em resina termofixa de cura a quente para obtenção de corpos de prova onde a seção de trabalho corresponda a seção longitudinal curta das chapas, com relação ao sentido de laminação, com área exposta de aproximadamente 0,5 cm<sup>2</sup>. Quando estes estiverem com acabamento superficial propiciado por lixamento em granulometria #600, serão utilizados como eletrodos de trabalho nos ensaios eletroquímicos que serão descritos no próximo item. Para a caracterização microestrutural, corpos de prova semelhantes, polidos com acabamento propiciado por diamante de 1 µm de granulometria, serão utilizados para caracterização por microscopia óptica (MO) após ataque metalográfico com reagente de Beraha modificado, microscopia eletrônica de varredura (MEV) com elétrons retroespalhados de superfícies polidas, difração de raios-X e medidas magnéticas

da fração de ferrita por ferritoscópio, para completa caracterização microestrutural, permitindo a comparação dos dados aqui obtidos com trabalhos futuros.

**C. Ensaios Eletroquímicos:** Os eletrodos de trabalho descritos no item anterior passarão por ensaios de polarização potenciodinâmica e potencioestática. Os eletrólitos serão constituídos por soluções de cloreto de sódio, com concentrações de cloreto variando entre 0,1 M a 6 M, em seis diferentes concentrações, para avaliação da influência do teor de cloreto no comportamento eletroquímico. Será utilizado um potencioestato Autolab 20, controlado pelo software NOVA 1.1 para controle do potencial aplicado e registro de densidade de corrente. A célula eletroquímica tem dupla parede, para que banho termostático possa controlar a temperatura dos ensaios. Na célula eletroquímica, o contra eletrodo será um fio de platina enrolado em espiral, com área pelo menos 10 vezes superior ao do eletrodo de trabalho, e o eletrodo de referência será o prata-cloreto de prata (Ag/AgCl). Curvas de polarização potenciodinâmica serão obtidas nos seis eletrólitos em estudo, a temperatura ambiente (23 °C), partindo do potencial de circuito aberto estabelecido após 5 min de imersão, em varredura ascendente de potencial a taxa de 1 mV/s, até que a densidade de corrente atinja 1 mA/cm<sup>2</sup>, permitindo definir a faixa de potencial do trecho passivo do aço para cada eletrólito. Pelo menos 5 curvas por condição serão levantadas. A seguir, em cada eletrólito, serão conduzidos ensaios de polarização potencioestática variando-se a temperatura entre 23°C e 90°C a taxa de 1 °C/min, em seis potenciais da região passiva determinada nas curvas de polarização anteriormente descritas. A polarização potencioestática iniciará 5 minutos após a imersão, para se ter a mesma condição da película passiva que se tinha nas curvas potenciodinâmicas, e para permitir a estabilização da temperatura inicial. Será registrada durante o ensaio potencioestático a variação da densidade de corrente em função da temperatura, sendo a CPT determinada quando a densidade de corrente atingir o mínimo de 100 µA/cm<sup>2</sup>. Após os ensaios eletroquímicos, as superfícies dos eletrodos de trabalho serão examinadas por MO e MEV para avaliação da extensão da corrosão por pite, e para assegurar a

inexistência de corrosão em fresta nas bordas do eletrodo de trabalho, o que poderia alterar os resultados obtidos.

**D. Obtenção de créditos:** a candidata deverá obter os créditos em disciplinas do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica do Centro Universitário FEI (PPGEM-FEI), podendo inclusive obter 1/3 dos créditos necessários em instituições congêneres no país, conforme regulamento do PPGEM-FEI. As disciplinas trarão o embasamento teórico, e trabalharão o espírito crítico e a aplicação da metodologia científica na resolução de problemas, fundamentais à condução do projeto de pesquisa aqui proposto e à elaboração da dissertação de mestrado.

**E. Elaboração de dissertação:** concomitantemente às atividades descritas anteriormente, a candidata elaborará, sob a orientação do proponente desta proposta, sua dissertação de mestrado, gerando revisão crítica da literatura aplicada ao tema e objetivos aqui propostos, análise e discussão dos resultados, e produção dos textos referentes ao exame de qualificação (previsto para o período indicado por # no cronograma da Tabela 4) e dissertação final, cuja defesa deve ocorrer no período indicado por § no cronograma da Tabela 4. Além disso, prevê a elaboração de pelo menos um artigo em periódico científico renomado, a ser concluído no mesmo período de apresentação final da dissertação.

Tabela 4 - Cronograma de atividades do projeto.

Atividade	Duração (meses)											
	1-2	3-4	5-6	7-8	9-10	11-12	13-14	15-16	17-18	19-20	21-22	23-24
A	■	■	■	■	■	■		■	■			
B			■	■								
C					■	■	■	■	■	■		
D	■	■	■	■	■	■						
E				■	■	■	■	#	■	■	■	§

#### 4. FOMENTO SOLICITADO

Nesta proposta, solicita-se bolsa de mestrado para a aluna recém aceita no PPGEM-FEI Gabriella Reis Carrer Spedo, orientada pelo proponente deste projeto, Prof. Dr. Rodrigo Magnabosco, pelo período de 24 meses.

#### REFERÊNCIAS

1. M. L. ERBING, H. L. GROTH. Duplex-un'alternativa all'acciaio inossidabile 316 per il risparmio di peso in applicazioni offshore. *L'Acciaio Inossidabile*, n. 2, 1993, p. 10-13.
2. J. J. ECKENROD, K. E. PINNOW. Effects of chemical composition and thermal history on the properties of alloy 2205 duplex stainless steel, *New Developments in Stainless Steel Technology*, Detroit, 77-87, 1984.
3. J. NORDSTRÖM, B. RUNG. Bollitori e torri di stoccaggio di pasta per carta in acciai inossidabili duplex consentono risparmio di peso e di costi. *L'Acciaio Inossidabile*, v. 2, 1995, p. 7-12.
4. B. LEFFLER. Alloy 2205 for marine chemical tankers. *Materials Performance*, 1990, p. 60-63.
5. J. O. NILSSON. Super duplex stainless steels. *Materials Science and Technology*, v. 8, 1992, p. 685-700Armas.
6. A. F. PADILHA, R. L. PLAUT. Phase Transformation and Microstructure. IN: I. Alvarez-Armas, S. Degallaix-Moreuil. *Duplex Stainless Steels*. Wiley, 2009, p. 115-139.
7. R. MAGNABOSCO, N. ALONSO-FALLEIROS. Pit Morphology and its Relation to Microstructure of 850°C Aged UNS S31803 Duplex Stainless Steel. *Corrosion*, v. 61, n. 2, 2005, p. 130-136.
8. D. C. SANTOS, R. MAGNABOSCO, C. MOURA-NETO. Influence of sigma phase formation on pitting corrosion of an aged UNS S31803 duplex stainless steel. *Corrosion*, 2013, v. 69, p. 900-911.

9. D. C. SANTOS, D. A. ANDRADE, R. Magnabosco. Critical Pitting Temperature (CPT) determination from potentiodynamic polarization tests of a duplex stainless steel. In: EUROCORR 2016, Montpellier. Anais... Paris : CEFACOR, 2016. v. u. p. 1-9.
10. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **G48**: Standard Test Methods for Pitting and Crevice Corrosion Resistance of Stainless Steels and Related Alloys by Use of Ferric Chloride Solution. Philadelphia, nov. 2015.
11. M. HOSEINPOOR et al. EIS assessment of critical pitting temperature of 2205 duplex stainless steel in acidified ferric chloride solution. Corrosion Science 80 (2014) 197–204.a
12. M. ZAKERI, M.H. MOAYED. Investigation on the effect of nitrate ion on the critical pitting temperature of 2205 duplex stainless steel along a mechanistic approach using pencil electrode. Corrosion Science 85 (2014) 222–231.
13. M. NAGHIZADEH, M.H. MOAYED. Investigation of the effect of solution annealing temperature on critical pitting temperature of 2205 duplex stainless steel by measuring pit solution chemistry. Corrosion Science 94 (2015) 179–189.
14. N. EBRAHIMI et al. Critical pitting temperature dependence of 2205 duplex stainless steel on dichromate ion concentration in chloride medium. Corrosion Science 53 (2011) 1278–1287.
15. L. PEGUET et al. Statistical study of the critical pitting temperature of 22-05 duplex stainless steel. Corrosion Science 60 (2012) 280–283.
16. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **G150**: Standard Test Method for Electrochemical Critical Pitting Temperature Testing of Stainless Steels. Philadelphia, mai. 2013.
17. J.C. DE LACERDA et al. Corrosion behavior of UNS S31803 steel with changes in the volume fraction of ferrite and the presence of chromium nitride. Materials Science & Engineering A 648 (2015) 428–435.

18. N. EBRAHIMI et al. Correlation between critical pitting temperature and degree of sensitisation on alloy 2205 duplex stainless steel. Corrosion Science 53 (2011) 637–644.
19. F. EGHBALI et al. Critical pitting temperature (CPT) assessment of 2205 duplex stainless steel in 0.1 M NaCl at various molybdate concentrations. Corrosion Science 53 (2011) 513–522.
20. SANDVIK SAF 2507: Tube and pipe, seamless - datasheet. Disponível em: <<http://smt.sandvik.com/en/materials-center/material-datasheets/tube-and-pipe-seamless/sandvik-saf-2507/>> Acesso em: 28.set. 2016 16:10.