

08 a 11 de Outubro de 2018
Instituto Federal Fluminense
Búzios - RJ

QUIMIOMETRIA APLICADA A ELETROQUÍMICA NA DETERMINAÇÃO DA SENSITIZAÇÃO DO AÇO INOXIDÁVEL SUPERDUPLEX UNS S32750

Marcelo T. G. de Sampaio (PG)¹ – Marcelo_Sampaio@id.uff.br

Anderson Barbosa Furtado (IC)¹ – Ander_barbosa@msn.com

Juan M. Pardal (PQ)² – juanmanuelpardal@yahoo.com.br

Sergio S. M. Tavares (PQ)² – ssmtavares@terra.com.br

Eduardo A. Ponzio (PQ)¹ – eaponzio.uff@gmail.com

¹ Universidade Federal Fluminense, Instituto de Química – Niteroi, RJ, Brazil

² Universidade Federal Fluminense, Escola de engenharia – Niteroi, RJ, Brazil

Resumo. Os aços inoxidáveis duplex podem ser tornar suscetíveis a corrosão intergranular quando expostos à tratamentos térmicos inapropriados. A precipitação de fases ricas em cromo como carbonetos de cromo do tipo Cr_7C_3 e $Cr_{23}C_6$ e outras fases como a sigma, processo esse conhecido como sensitização, geram empobrecimento de cromo nas regiões adjacentes, tornando-as mais suscetíveis a corrosão. Uma das formas de se medir o grau de sensitização de um aço é através do ensaio de PERC. Na indústria é de suma importância que o grau de sensitização possa ser medido com precisão, de forma a se evitar possíveis os possíveis transtornos envolvendo a corrosão. O presente trabalho visa validar as concentrações da solução eletrolítica utilizada nos ensaios de PERC, de forma a se obter resultados mais precisos do grau de sensitização medido. Assim como observar e entender melhor a interação e influência de cada componente utilizado. Para isso foi aplicado um planejamento multivariado, Matriz Doehlert. Além das concentrações dos 3 eletrólitos principais (H_2SO_4 , NaCl e KSCN) também foi estudada a velocidade de varredura. O planejamento gerou 21 ensaios que foram realizados no aço superduplex UNS S32750 que apresentava 18% de sensitização. Os resultados foram tratados no programa Statistica 10.0 e gerou os parâmetros críticos, ou seja, aqueles com os quais obteríamos os resultados mais próximos dos reais, que ao serem testados proporcionaram resultados em torno dos 18%.

Palavras-chave: Aço Inoxidável. Sensitização. PERC. Matriz Doehlert.

1. INTRODUÇÃO

Os aços inoxidáveis formam uma das classes mais importantes de ligas metálicas, o seu desenvolvimento representou um grande passo no que diz respeito ao combate a corrosão.

Hoje em dia possuem diversas aplicações desde utensílios domésticos á aplicações em indústrias, principalmente em indústrias químicas e petroquímicas. Estas ligas recebem este nome devido sua maior resistência à corrosão. São de forma simplificada o resultado de uma combinação de ferro, carbono e cromo. O cromo deve estar presente em porcentagem de pelo menos 11%, abaixo desse valor não há aumento significativo da resistência a corrosão, sendo o principal responsável pela característica inoxidável do aço, ele atua formando um filme passivador, filme este extremamente fino, mas que é suficiente para impedir o contato do metal base com o meio corrosivo. Outros elementos como Níquel, Manganês e Molibdênio também são adicionados com o intuito de se elevar a resistência a corrosão como também melhorar outras propriedades como, por exemplo, a ductibilidade (PARDAL, 2008).

Os aços inoxidáveis são divididos em 5 categorias, de acordo com a sua microestrutura, sendo elas: ferríticos, martensíticos, austeníticos, Dúplex e aços inoxidáveis endurecidos por precipitação(ATLAS STEELS, 2013; CARBÓ, 2009)

Aços inoxidáveis ferríticos: apresentam estrutura cúbica de corpo centrado (CCC). São ferromagnéticos e não endurecem por tratamento térmico. O teor de cromo nessas ligas pode variar de 11% a 30%. Já outros elementos como Titânio e Nióbio também podem ser adicionados na liga tendo a finalidade de melhorar a soldabilidade e a resistência à corrosão das partes soldadas.

Aços inoxidáveis austeníticos: Possuem estrutura cúbica de face centrada (CFC) e apresentam valores de pelo menos 16% de cromo e 6% de níquel na sua composição. Podem ser adicionados outros elementos, tais como molibdênio, titânio, nióbio e cobre, tendo como objetivo melhorar as suas propriedades. São adequados para operações em uma ampla faixa de temperatura.

Aços inoxidáveis martensíticos: A composição química destes aços pode conter cromo entre 11 e 18%, e teor de carbono variável até 0,1%. Só apresentam a estrutura martensítica após um tratamento térmico de tempera, aquecimento e resfriamento rápido. Então após a tempera o material apresentará resistência a corrosão.

Aços inoxidáveis Duplex: Estes aços devem apresentar uma microestrutura bifásica constituída da fase ferrita (δ) e austenita (γ) em proporções de aproximadamente 50%, sua composição pode variar de 20 a 30% de cromo e 5 a 10 % de níquel. Estas ligas apresentam uma combinação favorável das propriedades dos aços ferríticos e austeníticos, Possuindo assim, uma alta resistência à corrosão. Esses aços por serem foco do trabalho serão melhor aborados mais a frente.

Aços inoxidáveis endurecido por precipitação: são ligas que apresentam cromo e níquel em sua composição, variando de 12 a 18% de cromo e 3 a 10% de níquel. Outros elementos como titânio cobre e alumínio promovem o endurecimento após tratamento térmico.

Aço inoxidável dúplex é o nome dado à classe de materiais com microestrutura bifásica, composta por uma matriz ferrítica (δ) e ilhas de austenita (γ), com frações volumétricas de aproximadamente 50% de cada fase. A microestrutura mista faz com que esse aço apresente uma combinação favorável das propriedades dos aços inoxidáveis ferríticos e austeníticos, conferindo-lhes uma elevada resistência à corrosão sob tensão se comparados com os aços inoxidáveis austeníticos e uma maior ductibilidade, quando comparados aos aços inoxidáveis ferríticos (DAMIN, 2017).

Os primeiros aços inoxidáveis foram produzidos na Suécia na década de 30, tinham como objetivo a redução da corrosão intergranular que os primeiros aços austeníticos sofriam, verificou-se que o equilíbrio austenita e ferrita conferia uma maior resistência à corrosão. (ALVAREZ-ARMAS, 2008).

Os diferentes tipos de aços inoxidáveis duplex são, usualmente, separados em três grupos, com relação à composição química (SENATORE, 2007):

Aços inoxidáveis Dúplex de baixa liga: Possuem menor teor de elementos de liga, por isso são considerados materiais econômicos, não possuem molibdênio na composição química.

Aços inoxidáveis Dúplex de média liga: nesse grupo enquadram-se os Dúplex mais utilizados. Um exemplo dessa categoria é o UNS S31803. Apresentam resistência à corrosão intermediária.

Aços inoxidáveis Dúplex de alta liga: Também conhecidos como superdúplex, apresentam elevada resistência à corrosão entre eles se destaca o UNS S32750.

Os aços Duplex possuem inúmeras aplicações, como: trocadores de calor para uso em refinarias e indústrias químicas; construção de equipamentos para processos de hidrotreatamento (processo de retirada de enxofre no processo de refino de petróleo); e plantas de dessalinização entre outras (ALVAREZ-ARMAS, 2008).

Os aços inoxidáveis de fato possuem maior resistência a corrosão, entretanto diferente do que o nome sugere, os aços inoxidáveis podem sim sofrer processo corrosivo. Erros no processo de fabricação e em alguns tipos de tratamentos térmicos como no processo de solda, por exemplo, podem ocasionar alterações microestruturais no aço, deixando-o mais suscetível ao processo de corrosão (TAVARES, 2018; CAO, 2018). Esse processo é chamado de sensitização, o mecanismo mais aceito para explicar tal processo se baseia na precipitação de fases deletérias (fases que são prejudiciais às propriedades do aço) no contorno dos grãos do aço, fases essas ricas em cromo, deixando as zonas adjacentes pobres nesse elemento. Nessas regiões, pela falta de Cromo, o filme passivador não é formado com eficiência, então se tornam suscetíveis ao processo corrosivo. Entre as fases deletérias mais estudadas estão a sigma (σ), chi (χ), nitretos de cromo e carbetos de cromo. (LLORCA-ISERN, 2016 ; PARDAL, 2010)

Para a determinação de fases deletérias ou grau de sensitização como é mais conhecido se destacam as técnicas de microscopia óptica e as técnicas eletroquímicas. Os ensaios eletroquímicos mais utilizados são os ensaios de polarização eletroquímica onde podemos citar o ensaio DL-EPR (*Double Loop-Electrochemical Potentiokinetic Reactivation*), também conhecido em português por polarização eletroquímica de reativação cíclica (PERC). O ensaio DL-EPR consiste na polarização do material até a região onde ele se encontra passivo, ao chegar a esse potencial ele então é retornado até o potencial inicial, gerando assim duas curvas, a curva de ativação e a curva de reativação. Para o ensaio DL-EPR o grau de sensitização é obtido fazendo a razão da área da curva de reativação (A_r) pela área da curva da ativação (A_a) ou pela razão do pico de reativação (I_r) pelo pico de ativação (I_a) (Wolyne, 2003). A figura 1 apresenta as curvas caracterísitas do ensaio.

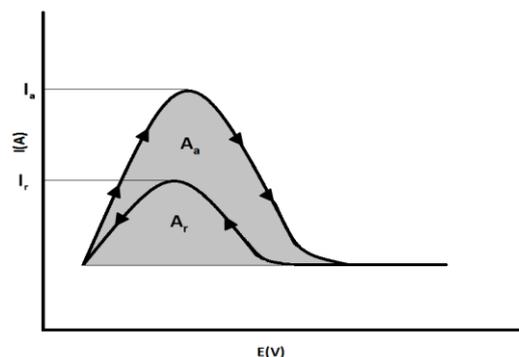


Figura 1: Curvas características do ensaio DL-EPR (adaptado Iacoviello, 2018)

Os componentes da solução eletrolítica mais comumente utilizados são H_2SO_4 (0,5-2,0 mol L^{-1}), KSCN (0,01 mol L^{-1}) e NaCl (0,0-0,5 mol L^{-1}), e com velocidades de varredura entre 1,0 e 2,5 mV s^{-1} (WASSERMAN, 2013; PARDAL, 2015; SILVA, 2016). A presença de H_2SO_4 na solução atua gerando a camada passivadora durante o processo de polarização anódica, já o KSCN e o NaCl atuam como despasseadores destruindo essa camada durante a polarização reversa. Caso o material possua algum grau de sensitização a camada será destruída preferencialmente nas regiões empobrecidas em cromo (CARNEIRO, 2014).

O propósito deste trabalho é otimizar as concentrações dos três componentes da solução eletrolítica e também a velocidade de varredura. Para isto será utilizada uma metodologia de superfície e resposta conhecida como matriz doehlert. As metodologias de superfície e resposta baseiam-se na construção de modelos matemáticos onde são empregadas funções polinomiais que são capazes de descrever o sistema que é a base do estudo, dessa forma torna-se possível o seu estudo (TEÓFILO, 2005). O planejamento Doehlert foi proposto por David H. Doehlert (1970). Ele se diferencia dos demais, pois consegue avaliar um número alto de variáveis com um número menor de experimentos e ainda assim obter respostas significativas. O número de ensaios necessários é dado por k^2+k+1 , onde k é o número de variáveis estudadas.

2. EXPERIMENTAL

O aço utilizado nesse estudo foi o aço Superduplex UNS S32750 que sofreu tratamento térmico a 800°C por 45 minutos apresentando 18% de sensitização (PARDAL, 2015). A composição do material é indicada na tabela 1:

Tabela 1- Composição química (% em massa) do aço UNS S32750 (SENATORE, 2007).

C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	N
0,03	0,8	1,2	25	7	4	0,3

Após uma análise bibliográfica foi verificado que 4 fatores eram mais significativos para o resultado do teste (velocidade e concentrações de KSCN , NaCl e H_2SO_4), também foi verificado as faixas mais comumente usadas para esses 4 fatores, a tabela 2 mostra os 4 fatores escolhidos bem como os níveis que foram usados.

Tabela 2: Fatores e níveis estudados.

KSCN (mol L^{-1})	NaCl (mol L^{-1})	H_2SO_4 (mol L^{-1})	Vel. (mV s^{-1})
0,005	0,05	0,1	0,5
0,03	0,25	0,6	2,5
0,055	0,45	1,1	4,5
0,08	0,65	1,6	
0,105	0,85	2,1	
	1,05	2,6	
	1,25	3,1	

O potenciostato utilizado foi o IVUMnSTAT multicanal, assim permitindo a realização de medições simultâneas. Foram realizados os ensaios de DL-EPR utilizando os 21 testes determinados pelo planejamento experimental. As soluções foram preparadas com reagentes padrão analítico e água deionizada.

Nos ensaios além dos eletrodos de trabalho (constituído da amostra do aço), foi utilizado um eletrodo de Ag/AgCl como eletrodo de referência e filamento de platina como contra eletrodo, contendo uma área superficial de pelo menos três vezes à do eletrodo de trabalho. A figura 2 apresenta a disposição dos eletrodos utilizados nos ensaios.



Figura 2: Disposição dos três eletrodos durante os ensaios (fonte: Autor, 2017).

O ensaio começa com a amostra permanecendo em potencial de circuito aberto (OCP) por 15 minutos. Em seguida se inicia a varredura partindo de $-0,4V$ até o potencial de $0,2 V$, gerando a curva de ativação, a partir desse potencial se inicia a varredura reversa, caso o aço possua algum grau de sensitização é gerada a curva de reativação. O ensaio chega ao fim quando o potencial inicial é atingido.

Após o termino do ensaio as amostras passam novamente pelo processo de preparo a partir do polimento para a sua nova utilização, cada solução foi testada em duplicata.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados foram tratados no programa *statistica 10.0*, foram feitas as otimizações tanto para a razão dos picos bem como para a razão das áreas. Foram geradas curvas de níveis para as combinações dois a dois das variáveis e a resposta. Figuras 3 e 4.

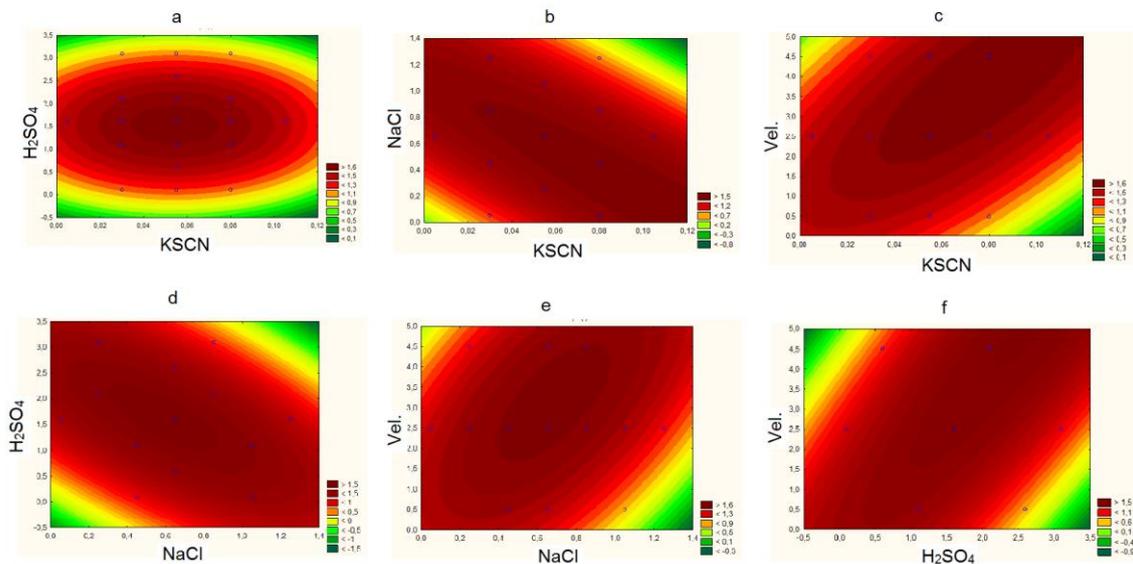


Figura 3: Curvas de níveis para a razão das alturas dos picos: a) relação KSCN x H₂SO₄; b) relação KSCN x NaCl; c) relação KSCN x Vel.; d) relação NaCl x H₂SO₄; e) relação NaCl x Vel.; f) relação H₂SO₄ x Vel.

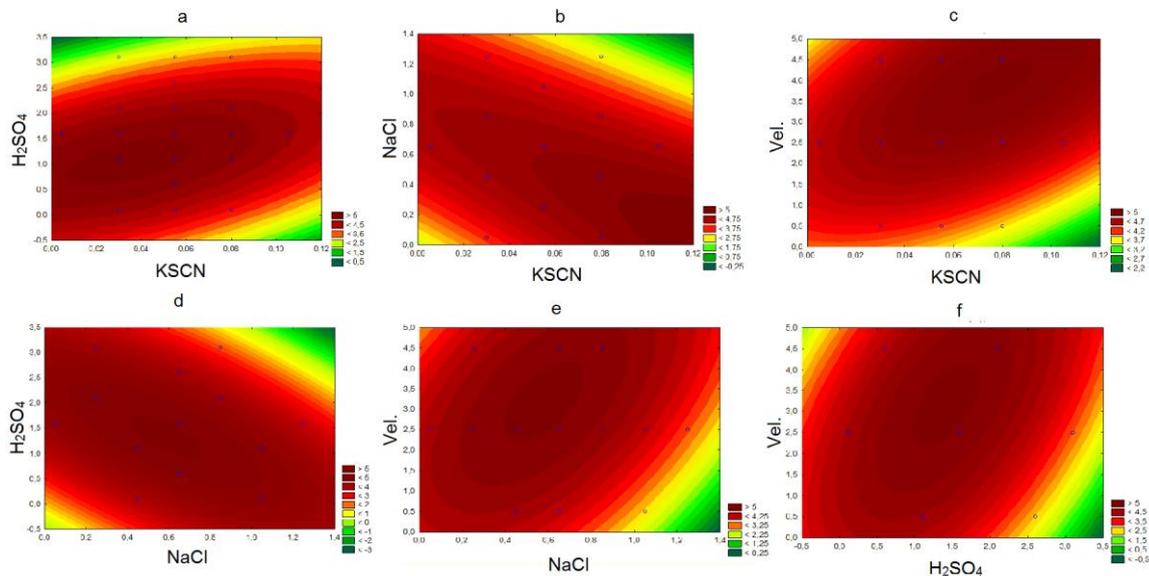


Figura 4: Curvas de níveis para a razão das áreas dos picos: a) relação KSCN x H₂SO₄; b) relação KSCN x NaCl; c) relação KSCN x Vel.; d) relação NaCl x H₂SO₄; e) relação NaCl x Vel.; f) relação H₂SO₄ x Vel.

Nas figuras 3a e 4a, que representam a variação de concentração de KSCN versus a concentração de H₂SO₄, observa-se que o ponto ótimo está em concentrações de H₂SO₄ em torno de 1,5 mol L⁻¹ para a razão das alturas dos picos e 1,0 mol L⁻¹ para a razão das áreas e para KSCN esta entre 0,05 e 0,06 mol L⁻¹ para razão das alturas dos picos e em torno de 0,03 mol L⁻¹ para a razão das áreas.

Também é possível observar que a faixa de concentração da região ótima do KSCN é mais ampla ao comparada com a faixa do H₂SO₄.

As figuras 3b e 4b mostram a variação da concentração de KSCN versus concentração de NaCl. Observa-se uma influência em praticamente toda a região estudada para ambos os componentes, apenas nas concentrações de KSCN acima de 0,09 mol L⁻¹ e concentrações de NaCl acima de 1,2 mol L⁻¹ e nas regiões de valores próximos de zero ambos os analíticos é que obtivemos resultados ruins. As figuras também nos mostram que o ponto ótimo se encontra em concentrações de KSCN acima de 0,03 mol L⁻¹ para a razão das alturas e acima de 0,09 Mol L⁻¹ para a razão das áreas juntamente com concentrações de NaCl abaixo de 0,8 Mol L⁻¹ para a razão das alturas e abaixo de 0,3 Mol L⁻¹ para a razão das áreas.

Nas figuras 3c e 4c que mostram a variação da concentração de KSCN vs. Velocidade de varredura se observa que o ponto ótimo para a razão das alturas dos picos se encontra nas regiões de concentração de KSCN acima de 0,04 mol L⁻¹ e velocidades acima de 2,0 mV s⁻¹. Já para a razão das áreas dos picos o ponto ótimo se encontra nas regiões de concentração de KSCN entre 0,07-0,09 Mol L⁻¹ e velocidades acima de 3,5 mV s⁻¹.

Nas figuras 3d e 4d que mostram a variação da concentração de NaCl versus concentração de H₂SO₄ se observa que o ponto ótimo para a razão das alturas dos picos se

encontra nas regiões de concentração de NaCl entre 0,3 - 0,9 mol L⁻¹ e concentrações de H₂SO₄ entre 1,0 - 2,3 mol L⁻¹. Já para a razão das áreas dos picos o ponto ótimo se encontra nas regiões de concentração de NaCl entre 0,4 - 0,8 mol L⁻¹ e concentrações de H₂SO₄ entre 1,0 - 2,0 mol L⁻¹.

Nas figuras 3e e 4e que mostram a variação da concentração de NaCl vs. Velocidade se observam que o ponto ótimo para a razão das alturas dos picos se encontra nas regiões de concentração de NaCl 0,4 - 1,0 Mol L⁻¹ e velocidades acima de 2,0 mV s⁻¹. Já para a razão das áreas dos picos o ponto ótimo se encontra nas regiões de concentração de KSCN entre 0,4 - 0,8 Mol L⁻¹ e velocidades entre 2,0 - 4,0 mV s⁻¹.

Por último, as figuras 3f e 4f nos mostram a variação da concentração de H₂SO₄ versus Velocidade de varredura, nelas se observa que o ponto ótimo para a razão das alturas dos picos se encontra nas regiões de concentração de H₂SO₄ acima de 2,0 mol L⁻¹ e velocidades acima de 4,0 mV s⁻¹. Já para a razão das áreas dos picos o ponto ótimo se encontra nas regiões de concentração de H₂SO₄ entre 1,0-2,0 mol L⁻¹ e velocidades 2,5-4,0 mV s⁻¹.

Além disso gerou-se com aplicação do programa *Statistica 10.0* tabelas contendo os valores das variáveis mínimas, críticas, e máximas, onde os valores mínimos e máximos são extremos dos intervalos utilizados para cada parâmetro estudado e os valores críticos são os valores que se utilizados nos proporcionarão a melhor resposta, que neste caso será a maior proximidade com o valor de 18%.

As tabelas 3 e 4 apresentam as soluções críticas geradas pelo programa *Statistica 10.0*.

Tabela 3: Variáveis mínima, crítica e máxima (altura do pico)

	Min.	Crít.	Max.
KSCN (mol L⁻¹)	0,005	0,045	0,105
NaCl (mol L⁻¹)	0,05	0,77	1,25
H₂SO₄ (mol L⁻¹)	0,1	1,4	3,1
Vel. (mV s⁻¹)	0,5	2,7	4,5

Tabela 4: Variáveis mínima, crítica e máxima (área do pico)

	Min.	Crít.	Max.
KSCN (mol L⁻¹)	0,005	0,053	0,105
NaCl (mol L⁻¹)	0,05	0,66	1,25
H₂SO₄ (mol L⁻¹)	0,1	1,3	3,1
Vel. (mV s⁻¹)	0,5	3,1	4,5

As soluções geradas e sugeridas pelo programa Statistica foram testadas com o eletrodo de trabalho, composto pelo aço sensitizado, os resultados se encontram nas figuras 5 e 6.

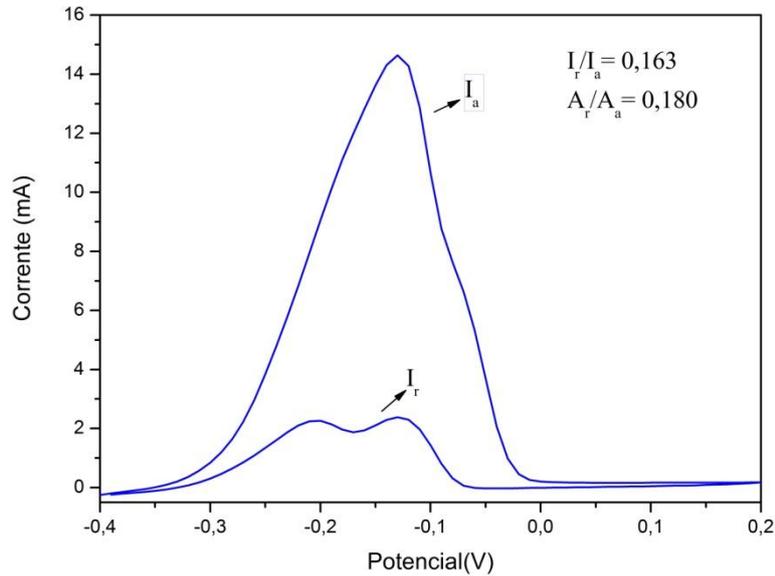


Figura 5: Voltamograma do ensaio com a solução crítica (altura do pico).

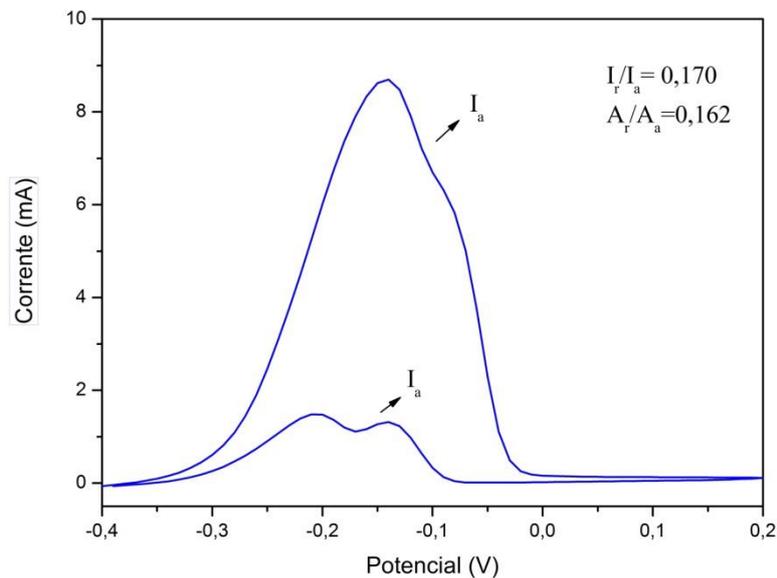


Figura 6: Voltamograma do ensaio com a solução crítica (área do pico).

As respostas obtidas ao se realizar o teste DL-EPR com as variáveis otimizadas ficaram muito próximas a 18% (valor real das fases deletérias), A comparação com os valores encontrados no artigo referência (PARDAL, 2015) e seus respectivos erros estão na tabela 5.

Tabela 5: Comparação entre os resultados encontrados na referência e nos parâmetros críticos.

	Referência (temp. amb.)	Referência (40°C)	Crit. (I_r/I_a)	Crit. (A_r/A_a)
I_r/I_a	0,193 (7%)	0,214 (18%)	0,163 (9%)	0,170 (5%)
A_r/A_a	0,213 (18%)	0,258 (43%)	0,180(0%)	0,162 (10%)

4. CONCLUSÃO

Pode-se concluir que resultado do planejamento aplicado ao aço sensitizado alcançou o objetivo e foram obtidos os parâmetros ideais para o uso em um aço com esse mesmo tipo de tratamento térmico. Porém, para expandir o uso de uma única solução, como a encontrada, para outros aços com diferentes tratamentos térmicos talvez venha ser necessária a otimização de outros parâmetros. O planejamento experimental aplicado a eletroquímica se mostrou bastante efetivo, podendo ser uma ótima ferramenta de estudos ligada à área de forma geral, pois além de minimizar a quantidade de experimentos a serem realizados.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CAPES e FAPERJ pelo auxílio financeiro

REFERÊNCIAS

- Alvarez-Armas, I. (2008), Duplex stainless steels: brief history and some recent alloys. *Recent Patents on Mechanical Engineering*, v. 1, n.1, p. 51-57.
- Atlas Steels (2013), The Atlas Steels Technical Handbook of Stainless Steels. Atlas Steels Technical Department.
- Cao, X.Y. et al. (2018) Thermal aging effects on mechanical and electrochemical properties of stainless steel weld overlay cladding. *Surface & Coatings Technology*, v.344 p.111-120.
- Carbó, H.M. (2008). Aço Inoxidável: Aplicações e Especificação. *Núcleo Inox*. Janeiro.
- Carneiro, L. H. C. (2014) *Avaliação do grau de sensibilização do aisi 304 Steel pelo método DL-EPR de uma placa soldada com o processo Tandem Gmaw*. 2014.112 f. TCC (Graduação em Engenharia Metalúrgica), UFRJ.
- Damin, k. V. S.; Generoso, D. J.; Neto, F. C. (2017) Aços inoxidáveis duplex: uma breve visão. *Revista Liberato*, v. 18, p. 01-132.
- Doehlert, D. H.(1970). *Appl. Statist.*, 19, 231.
- Iacoviello F, Di Cocco V, Franzese, E.(2018). Intergranular Corrosion Susceptibility Analysis In Austeno Ferritic (Duplex) Stainless Steels. *Fatigue & Fracture of Engineering Materials & Structures* v. 41 p.739–748.
- Llorca-Isern, N. et al. (2016). Identification Of Sigma And Chi Phases In Duplex Stainless Steels. *Materials Characterization*, v. 112 p. 20-26.
- Pardal, J.M.; Tavares, S.S.M.; Faria, R.A. (2008). Aços Inoxidáveis Duplex (Austeno-Ferríticos) Microestrutura e Propriedades. *Metalurgia & Materiais*. 64: 624-626.
- Pardal, J. M. et al (2010), Modeling Of Deleterious Phase Precipitation During Isothermal Treatments In Superduplex Stainless Steel. *Journal of materials science*, v. 45 p. 616-623.
- Pardal, J.M.; Tavares, S.S.M.; Ponzio, E. A.; Souza, G. C.; Fonseca. M. P. C.; Macedo, M. C. S. (2015). Influence of Deleterious Phases Precipitation in the Corrosion Resistance Measured by Double Loop Electrochemical Polarization Reactivation Test in Superduplex Stainless Steel. *Materials Research*. v. 18, n. 4, p. 740-747.

Senatore, M.; Finzetto, L.; Perea, E. (2007) Estudo comparativo entre os aços inoxidáveis duplex e os inoxidáveis AISI 304L/316L. *Revista Escola de Minas*, v. 60, n. 1, p. 175-181.

Silva, R. (2016). Effect of thermal aging at 475 °C on the properties of lean duplex stainless steel 2101. *Materials Characterization* v. 114 p. 211-217.

Tavares, S.S.M. et al. (2018). Failure Of Superduplex Stainless Steel Flange Due To Inadequate Microstructure And Fabrication Process, *Engineering Failure Analysis*, v. 84 p. 1-10.

Teófilo, R. F.; Ferreira M. M. (2006). Quimiometria II: Planilhas Eletrônicas Para Cálculos De Planejamentos Experimentais, Um Tutorial. *Química Nova* v.29 n.2 p. 338-350.

Wasserman, F. G.; Tavares, S. S. M.; Pardal, J. M.; Mainier, F. B.; Faria, R. A.; Nunes, C. S. (2013) Effects of low temperature aging on the mechanical properties and corrosion resistance of duplex and lean duplex stainless steels UNS S32205 and UNS S32304. *Revista Escola de Minas*, v.66.

Wolyneć, S. (2003). Técnicas Eletroquímicas em Corrosão, São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo.

CHEMOMETRICS APPLIED TO ELECTROCHEMISTRY IN THE DETERMINATION OF THE SENSITIZATION OF SUPERDUPLEX STAINLESS STEEL UNS S32750

Abstract. Duplex stainless steels may be susceptible to intergranular corrosion when exposed to inappropriate heat treatments. Precipitation of chromium-rich phases such as Cr_7C_3 and $Cr_{23}C_6$ chromium carbides and other phases such as sigma (σ), a process known as sensitization, generate chromium depletion in the adjacent regions, rendering them more susceptible to corrosion. One of the ways to measure the degree of sensitization of a steel is through the DL-EPR test. In industry it is of the utmost importance that the degree of sensitization can be accurately measured, so as to avoid possible corrosion disorders. The present work aims to validate the concentrations of the electrolytic solution used in the DL-EPR tests, in order to obtain more accurate results of the degree of sensitization measured. As well as observe and better understand the interaction and influence of each component used. For this, a multivariate planning was applied, Matrix Doehlert. In addition to the concentrations of the 3 major electrolytes (H_2SO_4 , NaCl and KSCN) the scanning speed was also studied. The planning generated 21 tests that were performed on the duplex steel UNS S32750 that presented 18% of sensitization. The results were treated in the software Statistica 10.0 and generated the critical parameters, that is, those with which we would obtain the closest results of the real ones, which, when tested, yielded results around 18%.

Keywords: Stainless Steel. Sensitization. DL-EPR. Doehlert Matrix