

# AVALIAÇÃO DA CORROSÃO DAS LIGAS Ti-35Nb-xTa EM SOLUÇÃO DE SBF ANTES E APÓS ANODIZAÇÃO\*

Thamyres Moura Limar<sup>1</sup>  
Gusttavo Reis Leite Matos<sup>2</sup>  
Michelle Cardinale Souza Silva Macedo<sup>3</sup>  
Sandra Andreia Stewart de Araujo Souza<sup>4</sup>  
Reinan Tiago Fernandes<sup>5</sup>

## Resumo

O presente trabalho, traz a análise eletroquímica, curvas de polarização, das ligas Ti-35Nb-xTa (x = 0; 2,5; 5,0; 7,5)Ta (% em peso) anodizadas, a um potencial de 20V e 1 hora e sem anodizar, para verificar o aumento da resistência a corrosão dessas ligas. O meio ao qual os ensaios foram realizados foi o sfb ( fluido corpóreo simulado). Obtendo como resultado que as ligas anodizadas apresentam maior resistência a corrosão nesse meio. A liga sem adição de tântalo obteve menor densidade de corrente, assim tendo uma maior resistência a corrosão após anodizada o que não ocorre sem a anodização.

**Palavras-chave:** Anodização; Ligas; Corrosão.

## CORROSION EVALUATION ALLOY TI-35NB-XTA IN SBF SOLUTION BEFORE AND AFTER ANODIZATION

### Abstract

The present work presents the electrochemical analysis, polarization curves of the Ti-35Nb-xTa (x = 0; 2,5; 5,0; 7,5) Ta (wt%) anodized alloys at a potential of 20V And 1 hour and without anodizing, to verify the increase in the corrosion resistance of these alloys. The medium to which the tests were performed was the sfb (simulated bodily fluid). As a result, the anodized alloys present greater corrosion resistance in this medium. The alloy without addition of tantalum obtained a lower current density, thus having a higher resistance to corrosion after anodizing than does not occur without anodization.

**Keywords:** Anodizing; Alloys; Corrosion.

<sup>1</sup> *Ciência e engenharia de materiais, mestrando, Estudante, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, SE, Brasil*

<sup>2</sup> *Engenharia de Materiais, Graduação, Estudante, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, SE, Brasil*

<sup>3</sup> *Engenharia Metalúrgica e de Materiais, Doutora, Professora, Departamento de Ciência e Engenharia de Materiais, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, SE, Brasil.*

<sup>4</sup> *Engenharia Mecânica, Doutora, Professora, Departamento de Ciência e Engenharia de Materiais, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, SE, Brasil..*

<sup>5</sup> *Ciência e engenharia de materiais, mestrando, Estudante, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, SE, Brasil.*

## 1 INTRODUÇÃO

Diferentes biomateriais são usados e pesquisados para serem destinados a implantes, dentre eles polímeros, cerâmicas, metais e compósitos. Os implantes metálicos, devido suas propriedades mecânicas, são considerados a melhor opção para a substituição de longo prazo, especialmente em aplicações de suporte de carga, tais como as articulações de joelho, de quadril e dentárias [1 -2]

O titânio e suas ligas são os materiais metálicos mais comumente utilizados na fabricação de próteses e componentes ortopédicos, devido às suas propriedades mecânicas, elevada resistência à corrosão e biocompatibilidade [3].

Ao considerar o desempenho de um implante aplicado na reparação de tecidos duros, além das características e propriedades intrínsecas do material, como as propriedades mecânicas, um aspecto de suma importância é a superfície do mesmo, que tem relação íntima com sua ósseo-integração, recuperação e adaptação do tecido e potencial de corrosão [4].

Resultados da literatura sugerem que a chance de sucesso de ósseo-integração de implantes e a resistência a corrosão pode vir a aumentar com a camada de passivação de  $TiO_2$  espontânea, quando em contato com a atmosfera. Quando essa camada de  $TiO_2$  é nanoestruturada, a qual pode ser formada através de técnicas como a anodização, pesquisas comprovam um aumento dessas propriedades. Vale ainda ressaltar que as microestruturas das ligas têm um papel importante no controle de sua nanotopografia e resistência a corrosão, nesse caso, a fase  $\beta$  é atrativa por facilitar a nucleação e crescimento da camada de oxido com uma estrutura mais ordenada [4 - 5].

Este trabalho propõe o estudo da resistência a corrosão da liga ternária de titânio com os elementos  $\beta$  estabilizantes Nióbio e tântalo, anodizadas, para modificações da superfície, onde tem por objetivo criar uma camada de oxido a ser estudada através de ensaios eletroquímicos.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

As ligas a serem estudadas nesse trabalho, foram produzidas a partir de Ti, Nb e Ta comercialmente puros. Os dois primeiros metais foram adquiridos em barras e placas que foram cortadas em pedaços menores e decapados, enquanto que o último foi recebido em pequenos pedaços isentos de óxidos.

A fusão foi realizada em um forno a arco com eletrodo de tungstênio não consumível em um cadinho de cobre refrigerado sob atmosfera controlada de argônio. Suas composições nominais são Ti-35Nb-(0; 2,5; 5,0; 7,5%)Ta (% em peso). As ligas foram submetidos a tratamento térmico de homogeneização à temperatura de 1000°C por 12 horas sob atmosfera inerte. As amostras foram resfriadas ao forno até a temperatura ambiente com o intuito de eliminar heterogeneidades resultantes do processo de solidificação.

Em todas as amostras um fio de cobre foi soldado para estabelecer o contato elétrico e posteriormente as mesmas foram embutidas em resina poliéster de cura rápida. Em seguida, as superfícies das amostras foram lixadas até a lixa de grana 4000, limpas e desengorduradas em uma solução de água/acetona 1:1 em banho de ultrassom durante 15min.

As amostras a serem anodizadas foram levadas para a célula eletroquímica e conectadas a uma fonte de alimentação (anodo) e uma rede de platina (catodo), em um eletrólito contendo glicerol e  $NH_4F$  0,25%. Foi aplicada uma tensão à célula,

elevada gradativamente, 1 V/min até atingir o valor final de 20 V, que foi mantido constante por 1 h a temperatura ambiente. Após esse procedimento, os ensaios eletroquímicos foram realizados.

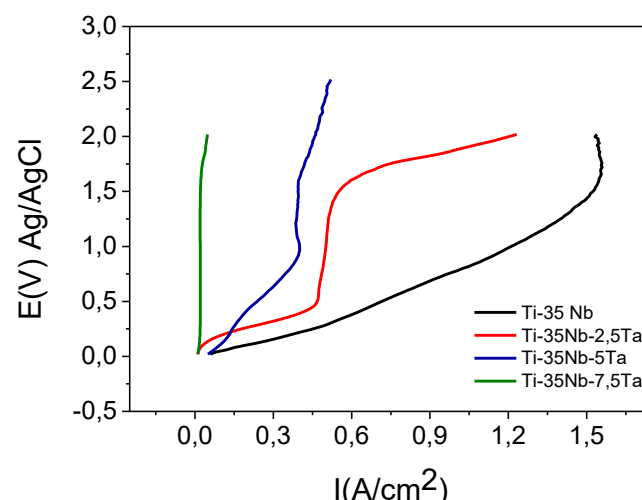
As curvas de polarização anódicas e as impedâncias foram realizadas usando uma célula eletroquímica convencional de três eletrodos, onde as ligas são os eletrodos de trabalho, o eletrodo de calomelano saturado foi usado como eletrodo de referência e uma haste de platina como contra eletrodo. O equipamento utilizado para as medidas foi um potenciostato/ galvanostato Aultolab 302N.. As curvas de polarização anódica foram obtidas partindo do PAC até 2V de sobretensão, com uma velocidade de varredura de 5mV/s. O eletrólito usado foi uma solução de SBF (fluido corpóreo simulado).

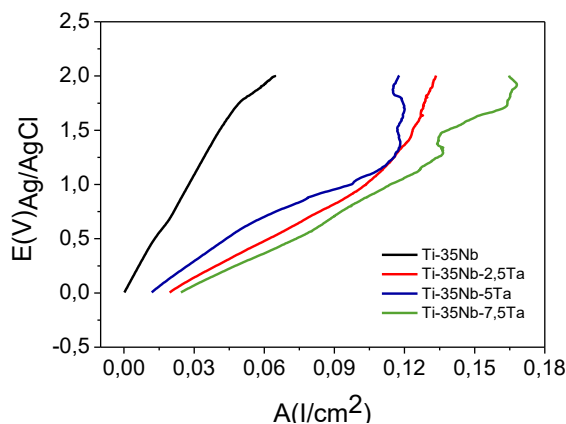
### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Ensaios Eletroquímicos

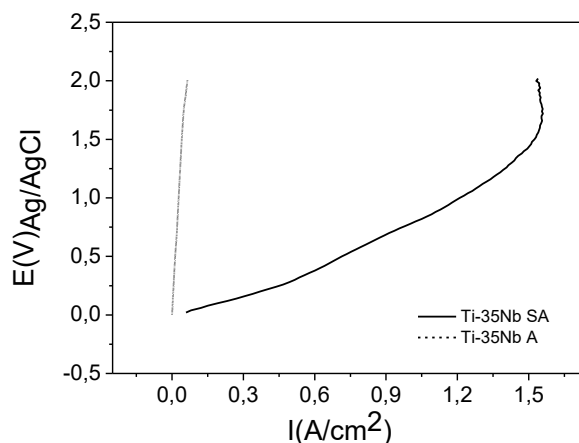
A Figura 1 e a figura 2 mostram as curvas de polarização das ligas sem anodizar e anodizadas respectivamente. Todas as amostras estudadas apresentaram, neste meio, um comportamento típico de material que se passiva, onde tem-se uma região de passivação, caracterizada por um patamar de corrente, uma região onde ocorre a quebra do filme de óxido pelo surgimento de pites, caracterizado pelo aumento da corrente e finalmente um novo patamar de corrente é observado como consequência da repassivação das ligas. Esse comportamento de repassivação tem sido observado por outros autores em ligas de titânio e segundo os mesmos essa capacidade que o material tem de se repassivar exibe um importante papel na resistência à corrosão da liga [6-7].

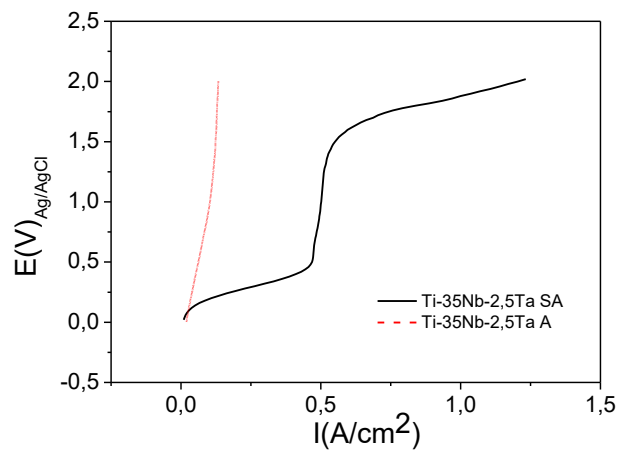
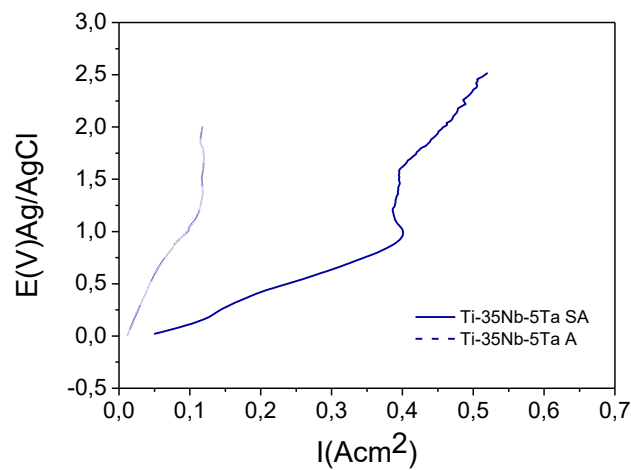
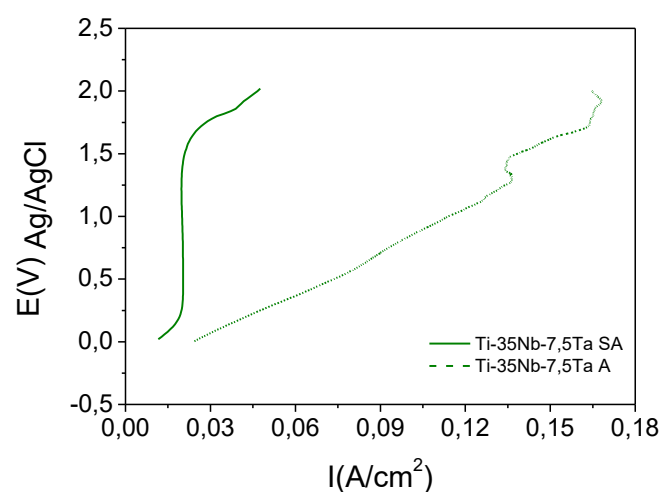
Na figura 1 observa-se que a liga sem tântalo, Ti-35Nb, apresenta densidades de correntes maiores, assim quando o Tântalo é adicionado tem se a redução das correntes, comportamento que não se repete quando as amostras são anodizadas. Uma possível possibilidade para que isso ocorra, e que o oxido formado sofra uma influencia do tântalo. A anodização se mostra eficiente pois quando comparadas as densidades de corrente das amostras anodizadas e sem anodizar, tem se densidade de correntes bem menores, o que indica maior ressitencia a corrosão, quase 10 vezes. Como já previsto na literatura, a técnica de anodização apresenta uma camada de oxido com uma resistência a corrosão maior do que a da liga sem sofrer o processo.



**Figura 1.** Curvas de polarização anódica das ligas sem anodizar**Figura 2.** Curvas de polarização anódica das ligas anodizada

Para uma melhor visualização as curvas das ligas anodizadas e pós anodizar foram plotados em pares conforme as figuras 3,4,5 e 6. E mais uma vez mostra que quando as ligas são anodizadas temos uma densidade de corrente menor, logo uma maior resistência a corrosão. Para todas as ligas após o processo ouve uma melhora significativa nas densidades de corrente. Se tratando da liga sem a presença do elemento tântalo, Ti-35Nb surpreende trazendo uma grande diferença. Algo interessante ao se notar e que as ligas anodizadas possuem menos regiões de passivação que as curvas sem anodizar. Aplicar outras técnicas para maior conhecimento do filme formado e de grande interesse.



**Figura 3:** Ti-35Nb, sem anodizar e anodizada**Figura 4:** Ti-35Nb-2,5Ta, sem anodizar e anodizada**Figura 5:** Ti-35Nb-5Ta, sem anodizar e anodizada**Figura 5:** Ti-35Nb-7,5Ta sem anodizar e anodizada

## 4 CONCLUSÃO

- Todas as composições apresentam regiões de passivação e repassivação nas curvas de polarização anódica;
- As ligas sem anodização apresentam mais regiões de passivação
- De acordo com os valores de densidade de corrente de corrosão todas as ligas mostram uma elevada resistência à corrosão no meio estudado;
- A resistência a corrosão tem um aumento significativo quando a anodização é aplicada pois as densidades de corrente diminuem quase 10 vezes.
- A liga de Ti-35Nb, apresenta uma resistência a corrosão menor que as ligas quando não esta anodizada e maior quando sofre a anodização.
- O oxido formado após as ligas passarem pelo processo de anodização apresenta uma grande resistência a corrosão. E mostra sofrer uma influencia do elemento Tântalo.

## 5 AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pelo suporte financeiro.

## REFERÊNCIAS

- 1
- 2 Frauchiger, V. M., et al. "Anodic plasma-chemical treatment of CP titanium surfaces for biomedical applications." *Biomaterials* 25.4 (2004): 593-606.
- 3 Grigal, I. P., et al. "Correlation between bioactivity and structural properties of titanium dioxide coatings grown by atomic layer deposition." *Applied Surface Science* 258.8 (2012): 3415-3419.
- 4 Kurtz, Steven M., et ai. "Futura demanda de pacientes jovens para substituição conjunta primária e de revisão: projeções nacionais de 2010 a 2030." *Ortopedia Clínica e Pesquisa Relacionada* 467.10 (2009): 2606-2612.
- 5 Brammer, Karla S., Christine J. Frandsen e Sungho Jin. "Nanotubos TiO<sub>2</sub> para regeneração óssea". *Tendências em biotecnologia* 30,6 (2012): 315-322.
- 6 CHOE, H.-C.; JEONG, Y.-H.; BRANTLEY, W. A., 2010, "Phenomena of
- 7 nanotube nucleation and growth on new ternary titanium alloys", *Journal of*
- 8 *Nanoscience and Nanotechnology*, v. 10, n. 7, p. 4684–4689
- 9 Tavares A. M.G; Fernandes, B.S, Souza S.A; et al. The addition of Si to the Ti–35Nb alloy and its effect on the corrosion resistance, when applied to biomedical materials. *Journal of Alloys and Compounds*, 2014: 591: 91-99.
- 10 Geetha, M.,Singh,A.K.,Asokamanir. Et al.Ti based biomaterials, the utimate choice for orthopedic implants-A review.*Progress in Materials science*, 2009;54:397-425