



Encontro Internacional  
de Produção Científica  
24 a 26 de outubro de 2017

ISBN 978-85-459-0773-2

# A INFLUÊNCIA DO NITROGÊNIO EM AÇOS INOXIDÁVEIS AUSTENÍTICOS COM APLICAÇÃO EM PRÓTESES ORTOPÉDICAS

*Glauber Rodrigues Cerqueira de Cerqueira<sup>1</sup>; Pedro Eliézer de Araújo Júnior<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Acadêmico do Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Salvador - UNIFACS. Bolsista PIBIC/FAPESB-UNIFACS. glauherrccerqueira@gmail.com

<sup>2</sup>Orientador, Mestre, Departamento de Pesquisa, UNIFACS. Pesquisador da Fundação de Apoio à Amparo a Pesquisa do Estado da Bahia - FAPESB. pedro.junior@pro.unifacs.br

## RESUMO

Perante a modernidade tecnológica faz-se necessário à introdução no desenvolvimento de inovações no mercado de aço, que vem se tornando cada vez mais exigente estabelecendo rapidamente as técnicas de aperfeiçoamento desses materiais com propriedades mecânicas satisfatórias. O aço inoxidável austenítico é muito utilizado na indústria de biomateriais como próteses ortopédicas, devido a sua alta resistência mecânica e a corrosão, tendo em vista o emprego de elevadas cargas, principalmente se a prótese substitui membros inferiores do paciente, e o contato direto com soluções líquidas de cloreto de sódio dentro do corpo humano promovendo ação corrosiva. A composição química dos aços inoxidáveis austeníticos é formada basicamente de Fe – Cr – Ni, sendo o Cr e o Ni fundamentais no processo de resistência a corrosão, entretanto o Ni é extremamente alérgico em contato com o corpo humano, conseqüentemente existe a viabilidade do aumento do teor de N em detrimento da redução de Ni tendo em conta que o N estabelece funções nas propriedades dos aços de reforço a resistência mecânica e a corrosão, além da redução de custos na fabricação dessas próteses. Deste modo a vigente proposta compromete-se realizar análises em laboratório com propósito de investigar a influência do N nos aços inoxidáveis austeníticos com a finalidade de relatar resultados qualitativos e quantitativos com ênfase em biomateriais como as próteses ortopédicas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Biomateriais; Materiais Metálicos; Aços Inoxidáveis.

## 1 INTRODUÇÃO

Os materiais classificados como biomateriais são utilizados em contato com o corpo humano com o objetivo de recondicionar ou comutar tecidos estragados. É de suma importância à evolução dos biomateriais devido a impactos no bem estar, expectativa de vida e saúde em geral dos pacientes. À vista disso, constata-se ao longo dos anos um vasto estímulo na elaboração de novos utensílios biomédicos (REIS, 2007).

Alguns implantes ortopédicos são denominados de temporário, pertinentes à substituição e desempenho de finalidade por um determinado período de tempo, como as placas e parafuso estabilizadores de fratura. Já os permanentes visam à reposição perpétua do componente danificado, exibindo as funções do mesmo por toda a vida do paciente. Assim que colocados, os biomateriais passam a maior parte do tempo em contato com fluidos corpóreos, que apesar de serem inofensivos apresentam ao longo do tempo degradação concebíveis desses materiais. Os biomateriais empregados como próteses ortopédicas são submetidos a grandes esforços cíclicos e estáticos, ocorrendo preferencialmente nos membros inferiores. A aglutinação de alta resistência à corrosão e propriedades mecânicas fazem do aço inoxidável austenítico, um interessante material para esse objetivo (GIORDANI, 2007).

Os aços inoxidáveis são aços com teor acima de 12% de Cr tendo em vista a sua alta resistência à oxidação. Há um grande atrativo nesses aços devido a suas propriedades mecânicas em elevadas temperaturas, resistência à oxidação e à corrosão, e para os austeníticos, boa tenacidade. Contudo não existe material passivo de ação corrosiva, por isso deve-se atentar ao tipo de aplicação a julgar pelo fato de que materiais como aço carbono em meio corrosivo pode apresentar resistência à corrosão significativa perante o aço inoxidável designado inapropriadamente. A ocorrência da resistência à corrosão pelos aços inoxidáveis se dá pelo



Encontro Internacional  
de Produção Científica  
24 a 26 de outubro de 2017

ISBN 978-85-459-0773-2

fenômeno da passivação com o qual ligas de Fe-Cr formam na sua camada óxidos mistos de Ferro, Cromo e outros elementos de liga que se dilui no meio corrosivo (SILVA, 2010).

Os aços inoxidáveis austeníticos designam-se basicamente de Cr e Ni como principais elementos de liga e dentre os aços inoxidáveis são considerados os mais importantes. Habitualmente o teor de carbono é baixo na base de 0,08%, contudo admite-se valor máximo de 25%, desde que o cromo seja aumentado a níveis de 22, 24 e 26% e níquel a teores de 12, 15 e 22%. Ulteriormente após passar por tratamento térmico, os aços inoxidáveis austeníticos podem perfazer limites de resistência à tração de 60 a 70 Kgf/mm<sup>2</sup>, limites de escoamento de 21 a 28 Kgf/mm<sup>2</sup>, alongamento de 45% a 60%, dureza Brinell de 140 a 175 e resistência ao choque correspondente a 9,7 e 15,2 Kgf.m (CHIAVERINI, 1986).

Deve-se atentar a definição de biocompatibilidade dos biomateriais, julgando pelo conceito obsoleto de que todo biomaterial é aquele que é estático ao corpo humano sem levar em consideração as reações químicas e físicas do meio biológico a que se esta inserida. Atualmente, contata-se que a assiduidade desse material ao corpo humano provoca reações do organismo. Sendo assim, para avaliar a biocompatibilidade é necessária uma série de estudos comportamentais entre biomaterial e tecido (ORÉFICE, 2005).

Análise de ensaios de biocompatibilidade para materiais novos e dispositivos candidatos a biomateriais estão de acordo com a ISO 10993 – *Biological evaluation of Medical Devices*, com os quais são realizados testes de citotoxicidade, sensibilização, reatividade intracutânea, sensibilização, implantação e hemocompatibilidade (LIMA, 2001).

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

Os aços inoxidáveis austeníticos com teor considerável de N em sua composição são conhecidos como aços nitrônicos que devem conter de 0,8% a 0,32% de N, adicionados com o objetivo de aumentar a resistência mecânica em temperatura ambiente. Com a presença do N aumenta-se o teor de Mn na liga para 12% reduzindo drasticamente o teor de Ni para 1,6% ampliando o limite de resistência a tração para mais de 150KGF/mm<sup>2</sup>, tornando-o muito interessante para os esforços de tração realizados por uma prótese ortopédica. (CHIAVERINI, 1986).

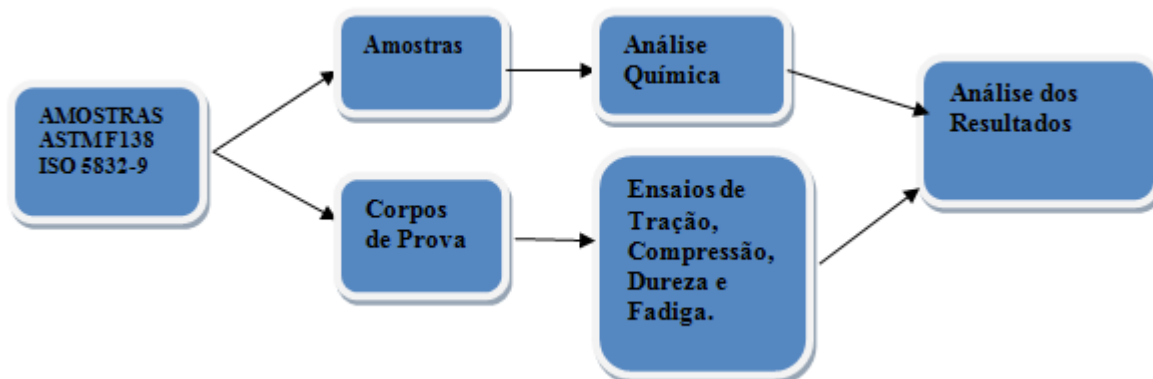
Testes de resistência mecânica devem ser realizados para qualificar possíveis candidatos potenciais a aplicação como implante ortopédico. Esses testes analisam falhas como fratura e fadiga no material. A fratura é a separação do corpo em duas ou mais partes devido a uma tensão estática, ela pode ser dúctil ou frágil dependendo do comportamento de deformação elástica e plástica desse material. A fadiga é uma falha proveniente de esforços dinâmicos e cíclicos, tornando o material vulnerável a níveis menor que o limite de resistência à tração e limite de escoamento estático (CALLISTER, 2012). O conhecimento dessas propriedades é fundamental em consequência as cargas geradas nos membros durante o cotidiano das pessoas.

Na primeira etapa desta pesquisa, será realizada uma pesquisa bibliográfica para o embasamento teórico e suporte ao desenvolvimento desta proposta. Na fase seguinte serão solicitadas amostras dos aços inoxidáveis austeníticos ASTM F138 e ISO 5832-9, visando à relação de custo-benefício com pesquisa de preços no mercado local. Esses materiais serão aplicados em ensaios de tração, compressão, dureza e fadiga utilizando instrumentos convencionais de medidas e analisando as informações contidas, juntamente com análise química. A partir dessas análises será possível mensurar qual o tipo de aço será mais propício ao uso em implantes ortopédicos, objetivando a inspeção das propriedades mecânicas de acordo com o teor de N nas composições químicas.





O fluxograma abaixo apresenta a metodologia que deverá ser seguida nesta pesquisa, conforme figura 1.



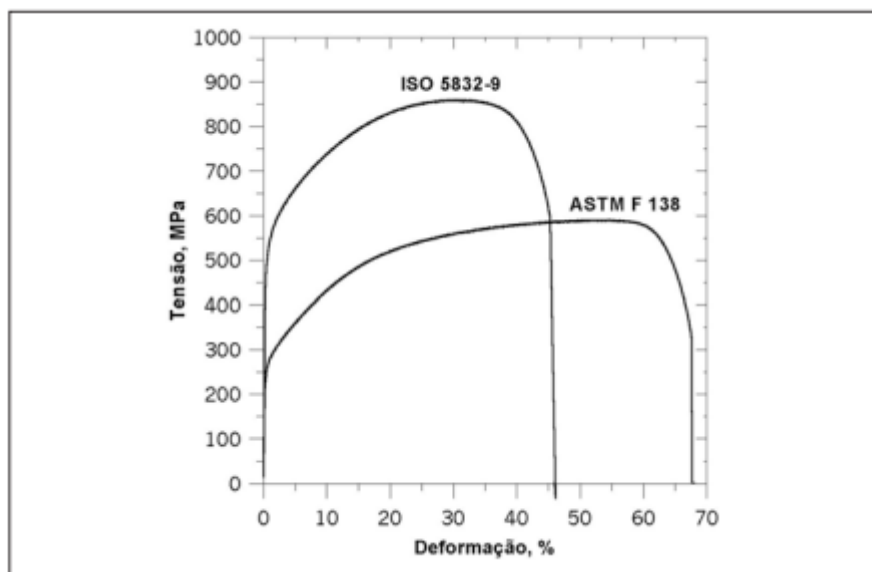
**Figura 1** - Fluxograma da metodologia utilizada na execução desta proposta.

### 3 RESULTADOS ESPERADOS

As Figuras 2 e 3 mostram as composições químicas dos aços utilizados e as curvas tensão-deformação representativas obtidas no ensaio de tração para os dois aços estudados, respectivamente. A Tabela 1 apresenta os valores das propriedades mecânicas obtidas através desses ensaios. Pode-se ver que os dois aços atenderam, completamente, as especificações de propriedades mecânicas exigidas por suas respectivas normas. O aço ISO 5832-9 apresenta níveis de resistência mecânica, limite de escoamento e limite de resistência à tração muito superior aos do aço F138, sendo que o valor do limite de escoamento para o aço ISO 5832-9 é, praticamente, o dobro do valor medido no aço F138. Em contrapartida, a ductilidade desse material é, sensivelmente, menor, sem desqualificar o material para aplicação ortopédica, tendo em vista que apresenta ductilidade superior ao exigido pela norma. (GIORDANI, 2007).

Material	C	Si	Cr	Ni	Mn	Mo	Nb	N	Fe
F 138	0,01	0,52	17,4	14,1	1,74	2,08	-	-	bal.
ISO 5832-9	0,02	0,16	21,1	10,6	3,62	2,44	0,42	0,37	bal.

**Figura 2** - Composição química dos aços utilizados (% em peso).



**Figura 3** - Curvas tensão-deformação obtidas no ensaio de tração para os aços F138 e ISO 5832-9

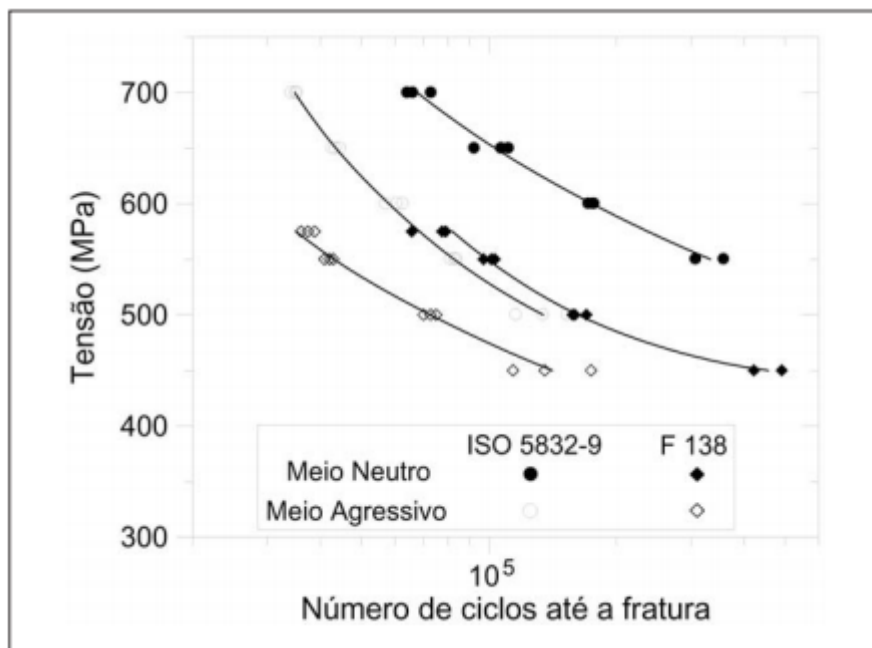
Material	F 138	ISO 5832-9
$\sigma_e$ (MPa)	$246 \pm 3,0$ (170)	$496 \pm 17,0$ (430)
$\sigma_t$ (MPa)	$594 \pm 4$ (480)	$861 \pm 3$ (740)
$\varepsilon_t$ (%)	$67,0 \pm 1,0$ (40)	$46 \pm 0,7$ (35)
RA (%)	$80 \pm 1,7$	$68 \pm 1,0$

\* Os valores entre parênteses representam os limites mínimos de propriedades admitidas pelas normas dos materiais.

**Tabela 1** - Propriedades mecânicas do aço F138 e ISO 5832-9

A Figura 4 traz as curvas S-N obtidas para os aços ISO5832-9 e F138, em meio neutro e meio agressivo. Observa-se que o aço ISO 5832-9 apresentou um desempenho em fadiga superior ao do aço F138. Esse melhor desempenho se deve, principalmente, à maior resistência mecânica do aço ISO 5832-9. É notável a influência que o meio agressivo exerceu, no sentido de reduzir a vida em fadiga dos dois aços. Essa redução da vida aumentou com o aumento do número de ciclos até a fratura, ou mesmo com o tempo de ensaio, uma vez que a frequência utilizada, para todos os corpos de prova foi igual. (GIORDANI, 2007).

Segundo Araújo Jr. (2005), a fadiga pode ser provocada por esforços cíclicos, cargas vibratórias ou variações térmicas ao longo do tempo e os carregamentos podem ser de amplitude constante e variável ou tensões irregulares ou aleatórias. Características que são bastante apresentáveis quando o biomaterial é utilizado como implantes ortopédicos.



**Figura 4** - Curvas tensão máxima (S) em função do número de ciclos (N) até a fratura em meio neutro e meio agressivo para os aços F 138 e ISO 5832-9.

Após a execução dos testes de caracterização mecânica seguindo o cronograma supracitado em comparação aos estudos já realizados na área espera-se atestar a importância do aumento do Nitrogênio proporcionalmente à diminuição de níquel com intuito de aumentar a biocompatibilidade de implantes ortopédicos, prover os resultados contidos na pesquisa para empreendimentos, objetivando desenvolvimento científico para a sociedade e lucros para as empresas com a criação de novos implantes ortopédicos a base da norma ISO 5832-9 resultando em fabricação de baixo custo, além de dilatar e reproduzir os métodos empregados visando novas pesquisas abordando outros materiais.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A combinação de alta resistência mecânica e alta resistência à corrosão localizada sugere que o aço ISO 5832-9 é um material muito promissor para a fabricação de implantes ortopédicos, podendo substituir o aço F138, principalmente em aplicações mais severas de carregamento e tempos longos de permanência no interior do corpo humano. (GIORDANI, 2007).

Conclui-se que é necessário estudar a efetividade dos aços inoxidáveis ISO 5832-9 em substituição ao ASTM F138, em relação à presença de altos teores de N em redução dos teores de Ni, na produção de implantes ortopédicos, diminuindo reações alérgicas.

#### REFERÊNCIAS

ARAÚJO JR, P. E. A. **Influência de solicitações térmicas na resistência à fadiga do aço AISI 304L**, 2005. Disponível em: <  
[http://www.biblioteca.pucminas.br/teses/EngMecanica\\_AraujoJuniorPE\\_1.pdf](http://www.biblioteca.pucminas.br/teses/EngMecanica_AraujoJuniorPE_1.pdf)>. Acesso em: 26 jul. 2017.





Encontro Internacional  
de Produção Científica  
24 a 26 de outubro de 2017

ISBN 978-85-459-0773-2

GIORDANI, E.J; FERREIRA, I; BALACIN, O. **Propriedades mecânicas de corrosão de dois aços inoxidáveis austeníticos utilizados na fabricação de implantes ortopédicos**. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rem/v60n1/v60n1a09.pdf>>. Acesso em: 26 jul. 2017.

CALLISTER, W.D. **Ciência e Engenharia de Materiais: uma introdução**. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

CHIAVERINI, V. **Tecnologia Mecânica: Estrutura e Propriedades das Ligas Metálicas**. 2ª. ed., Vol. I, São Paulo: Pearson Education do Brasil, 1986.

LIMA, A. O.; **Métodos de laboratórios aplicados à clínica**. 8ªEd. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan, 2001.

ORÉFICE, R. L.; **Biomateriais e Biocompatibilidade**. 2ª Ed., Rio de Janeiro, 2005.

REIS, R. F.; **Elevação do teor superficial de nitrogênio no aço inoxidável austenítico ISO 5832-1**. 2007. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e Informática Industrial da Universidade Federal do Paraná, 2007. Disponível em: <[http://riut.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/101/1/CT\\_CPGEI\\_D\\_Reis%2c%20Ricardo%20Fernando%20dos\\_2007.pdf](http://riut.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/101/1/CT_CPGEI_D_Reis%2c%20Ricardo%20Fernando%20dos_2007.pdf)>. Acesso em: 26. jul. 2017.

SILVA, A. L. C.; MEI, P. R. **Aços e Ligas Especiais**. 3ª Ed. São Paulo: Blucher, 2010.