

## Avaliação do Torque de Inserção na Interface Cônica da Conexão Cone Morse de um Implante Dentário

Natália Caixeta Rocha, LPM - UFU, [nataliacrocha@hotmail.com](mailto:nataliacrocha@hotmail.com)  
Isabela Costa Salmen Evangelista, LPM - UFU, [isabelacostasalmen@gmail.com](mailto:isabelacostasalmen@gmail.com)  
Rafael Batista Cardoso, LPM - UFU, [rbatistacardoso@gmail.com](mailto:rbatistacardoso@gmail.com)  
Carolina Guimarães Castro - NEODENT, [ccastro@neodent.com.br](mailto:ccastro@neodent.com.br)  
Cleudmar Amaral Araújo, LPM - UFU, [cleudmar@mecanica.ufu.br](mailto:cleudmar@mecanica.ufu.br)

**Resumo.** A aplicação clínica de implantes osseointegrados em reabilitações orais vem apresentando elevados índices de sucesso. Esses resultados favoráveis ampliaram seu uso de restaurações totais para parciais, inclusive as unitárias. Porém, desde sua concepção até recentemente, estudiosos no assunto observam algumas limitações, como por exemplo, uma perda óssea marginal crônica ao redor das fixações, com o passar do tempo de uso. Uma provável causa da perda de tecido duro seria a presença de concentração de tensões resultantes de forças oclusais sobre a prótese na interface implante/osso. O objetivo deste trabalho é avaliar a resistência gerada pelo torque de inserção utilizando uma conexão Cone Morse em um implante dentário. A resistência e o comportamento estrutural serão avaliados através da análise de modelos matemáticos e modelos numéricos de Elementos Finitos representativos para este sistema. Foram realizadas revisões bibliográficas sobre algumas modelagens e análises já desenvolvidas sobre implantes dentários com conexão Cone Morse utilizados para estimar os níveis de pressão e forças de arrancamento decorrentes de um processo de interferência gerado na conexão cônica após a aplicação do torque de inserção. Foram avaliados a pressão de contato, o torque de desaperto do parafuso e a força de arrancamento.

**Palavras chave:** Implante dentário, Conexão cônica, Cone Morse, Torque de desaperto, Destorque, Elementos Finitos.

### 1. INTRODUÇÃO

A conexão Cone Morse foi inventada pelo engenheiro Stephen A. Morse em 1864, com a intenção de fixar e guiar com segurança brocas helicoidais. Em comparação com as conexões convencionais (flange e parafuso, por pressão de embutimento, roscado, chaveta, pinos, etc.), apresenta maior facilidade de engaste (engaste rápido), maior capacidade de carga, maior precisão de posicionamento e de giro (concentricidade), como citado por Soares, M.A.D. et al. (2006).

Devido à grande eficiência apresentada e com vários estudos desenvolvidos sobre o sistema, a aplicabilidade das conexões Cone-Morse foi se expandindo para diversas áreas, inclusive a área odontológica. Este sistema foi adaptado e introduzido à linha de implantes dentários que anteriormente disponibilizavam apenas dois modelos de adaptação protética: o padrão Branemark de Hexágono Externo e a Conexão de Hexágono Interno.



Figura 1: Configuração de um implante do catálogo Neodent

A conexão Cone Morse para implante,s apresenta um design interno cônico preciso que durante a instalação do pilar junto ao implante, promove uma íntima adaptação entre as superfícies sobrepostas, adquirindo uma resistência mecânica semelhante a uma peça única (Soares et al., 2006).

Ao ser aplicado um torque nesse sistema de união, o cone do pilar protético é tracionado contra a parede interna do implante, gerando um atrito entre eles, que implicará em um travamento mecânico entre os dois corpos. O que garante sua alta resistência ao afrouxamento e à fratura. Devido às forças friccionais presentes entre os componentes, é possível observar o fenômeno de solda fria, que é definida como um aumento no toque de remoção em relação ao torque de inserção, promovendo assim uma conexão mais estável (Norton, 1999).

As características mecânicas do encaixe Cone Morse, como a distribuição de tensões, torques e forças de inserção e arrancamento são dependentes de um grande número de variáveis no sistema que caracterizam a grande complexidade do problema. Estas variáveis são, por exemplo: ângulo de conicidade, tamanho da área de contato, diâmetros interno e externo dos componentes, profundidade de inserção, propriedades dos materiais e coeficiente de atrito. Além desta grande complexidade, estes implantes dentários são peças de alto custo, o que inviabiliza os procedimentos experimentais e leva a maioria dos autores a recorrer aos métodos numéricos.

## 2. MODELO ANALÍTICO

Os níveis de pressão e força de arrancamento decorrentes de um processo de interferência gerada nos cones após a aplicação do torque de inserção dependem do comportamento estrutural adaptado de problemas de resistência dos materiais (Shigley and Mischke, 1989). O modelo é representado pela Figura (2), abaixo, apresentando todas as variáveis de projeto consideradas e a interferência  $\delta$  gerada pela inserção do pilar sobre o implante.

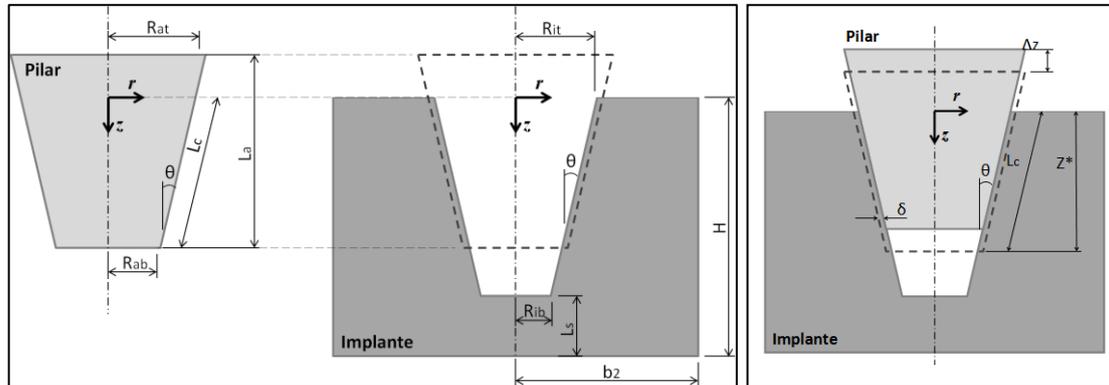


Figura 2: Esquema do modelo baseado na interferência cônica pilar-implante utilizado por Bozkaya et al. (2003)

Segundo Bozkaya et al. (2003), a pressão de contato  $P_c$  sobre toda a linha de contato entre os componentes em função de  $z$  é dada pela equação abaixo, sendo  $E$  o módulo de elasticidade do material,  $b_1$  o raio externo do pilar e  $b_2$  o raio externo do implante.

$$P_c(z) = \frac{E\delta[b_2^2 - b_1(z)^2]\cos(\theta)}{2.b_1(z).b_2^2} \quad (1)$$

$$F_p = \frac{\pi E \delta L_c}{3 b_2^2} [3(b_2^2 - R_{ab}^2) - L_c \sin \theta (3R_{ab} + L_c \sin \theta)] (\sin \theta - \mu \cos \theta) \cos^2 \theta \quad (2)$$

A Eq.(2) calcula a força de arrancamento  $F_p$ , variando linearmente com o módulo de elasticidade do material ( $E$ ) e a interferência ( $\delta$ ), onde  $L_c$  é o comprimento de contato,  $R_{ab}$  o menor raio do pilar, e  $\mu$  o deslocamento radial. O comprimento de contato faz a força variar proporcionalmente à  $(L_c)^3$ . Isto mostra a importância de se ter uma grande área de contato na interface cônica para boa fixação do implante.

## 3. MODELAGEM POR ELEMENTOS FINITOS

### 3.1. Modelo axissimétrico

O primeiro modelo numérico de Elementos Finitos foi desenvolvido seguindo o mesmo modelo utilizado por Bozkaya et al. (2003), numa representação axissimétrica da conexão cônica estudada. O programa utilizado para a simulação em Elementos Finitos foi o Abaqus®, no qual foi realizado o desenho da geometria com todas as dimensões parametrizadas. A montagem pilar-implante foi feita com uma sobreposição entre os componentes correspondentes ao valor da interferência  $\delta$ . Na modelização deve-se, portanto utilizar certas condições de contato de modo que tal sobreposição seja tratada como interferência.

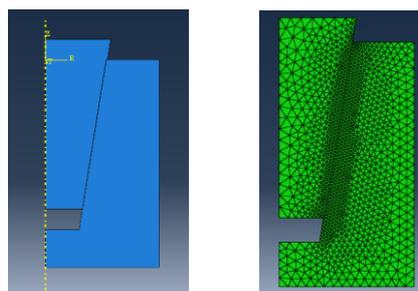


Figura 3: Geometria axissimétrica com interferência pilar-implante e malha sobre os componentes

### 3.2. Modelo tridimensional da conexão

Nesta etapa, os modelos geométricos tridimensionais dos implantes de conexão Cone Morse (parafuso e pilar) foram fornecidos pela Neodent e utilizados na modelagem numérica de Elementos Finitos sobre o software Abaqus®. Os modelos CAD utilizados foram Alvim CM e Munhão Universal CM Exact, com os seguintes dimensões:

Tabela 1. Dimensões das geometrias de implante e pilar utilizados.

Alvim CM (109.622)	Munhão Universal CM Exact (114.340)
	
Ø 4.3 x 13.0 mm	Ø 4.5 x 6.0 x 1.5 mm

A modelagem 3D foi dividida em três etapas: (1) aperto do parafuso com a aplicação de um torque de inserção; (2) destorção sobre o parafuso; (3) aplicação de uma força de arrancamento vertical sobre o munhão.

Uma primeira simulação foi realizada com os seguintes parâmetros e condições: material com módulo de elasticidade  $E = 113800 \text{ [N/mm}^2\text{]}$ , aperto sobre o parafuso de  $15 \text{ [N.cm]}$  e coeficiente de atrito  $\mu = 0,7$ .

### 4. RESULTADOS

A Figura (4.a) mostra o resultado obtido na simulação, representando os níveis de tensão (Von Mises) resultantes na estrutura. A Figura (4.b) mostra uma comparação dos valores da pressão de contato obtida com o modelo analítico com a pressão de contato obtida pelo método dos Elementos Finitos (MEF). Neste primeiro modelo observou-se um comportamento similar entre as curvas, porém com resultados maiores obtidos no MEF. Devido à proporcionalidade dos resultados, essa diferença pode ser corrigida ajustando um menor nível de interferência entre o pilar e o implante.

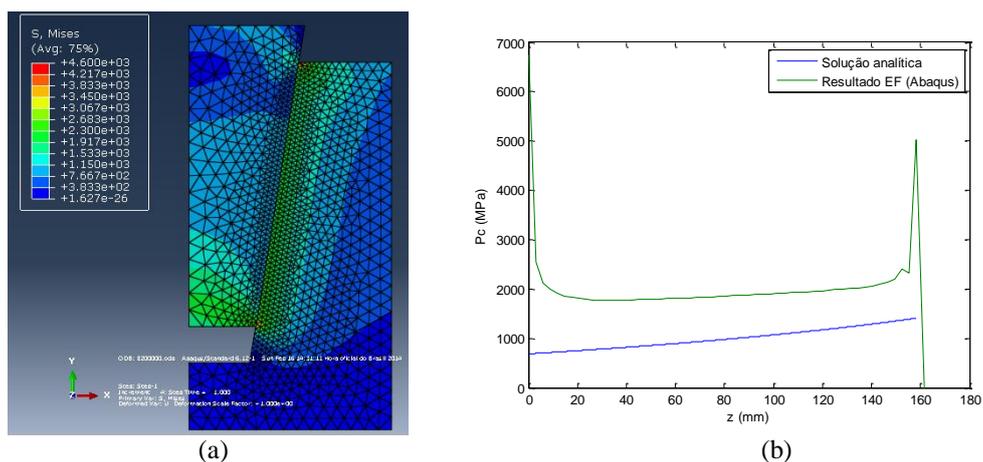


Figura 4: (a) Níveis de tensão resultantes na estrutura [Mpa]; (b) Comparação dos resultados obtidos por Elementos Finitos e a solução analítica para a pressão de contato ao longo da superfície de contato em função da distância Z vertical (Z=0 é o ponto do contato superior)

Os valores obtidos pela simulação deste modelo 3D foram comparados aos resultados obtidos pelos modelos axissimétrico analítico e de elementos finitos, sendo adotados mesmos parâmetros e dimensões que os da geometria 3D. A Figura (6) abaixo mostra a comparação dos resultados destes três modelos analisando a pressão de contato em função da altura Z, com a mesma orientação adotada por Boskaya na Figura (2) (Z=0 é o ponto do contato superior).

Outra análise realizada sobre este modelo 3D em Elementos Finitos foi sobre o efeito do atrito sobre o torque de desaperto do parafuso. Ao fazer variar o atrito de  $\mu = 0,5$  até  $\mu = 0,9$  obteve-se um comparativo entre os valores de torque apresentados na Figura (7).

Estas variações de atrito foram realizadas sobre o mesmo modelo com o torque de aperto de 150 N.mm. Percebe-se uma tendência a se aumentar o torque de desaperto à medida que o atrito é menor, e isso se dá pela maior aperto do parafuso ao se aplicar o mesmo nível de torque para os mesmos testes quanto menor for o atrito no contato entre os filetes das roscas. Ou seja, com o atrito menor, o parafuso sofre menos resistência ao torque aplicado e permite uma maior rotação sobre o mesmo até atingir o torque imposto de 150 N.mm. Para valores mais altos adotados para o coeficiente de atrito, percebe-se que a curva tende a se estabilizar mantendo um pico próximo ao valor de 200 N.mm.

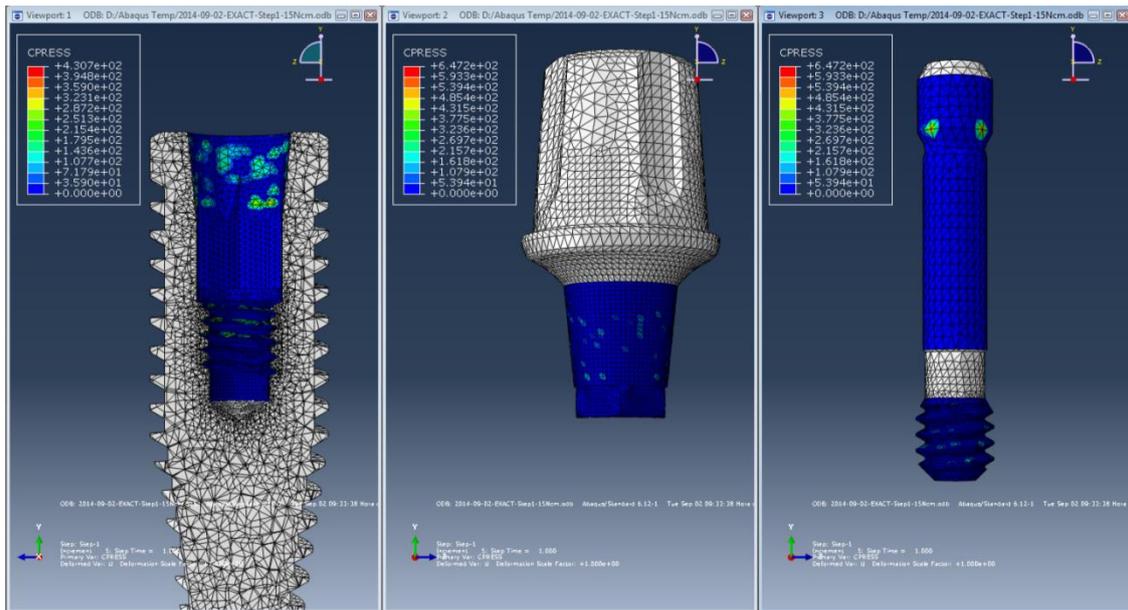


Figura 5: Níveis da pressão de contato obtidos em cada uma das peças após o aperto

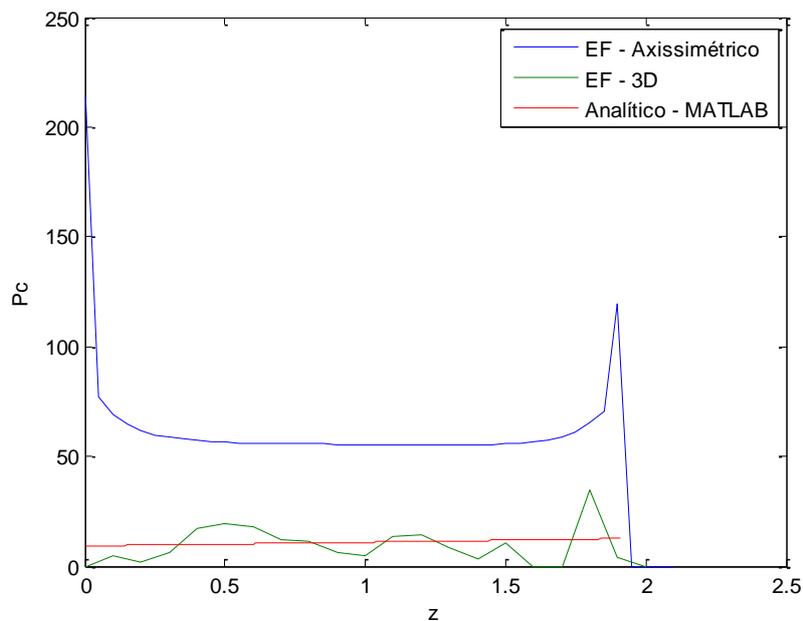


Figura 6: Pressão de contato [Mpa] em função da altura Z [mm] comparando os três modelos desenvolvidos

Por fim, foi analisada a força vertical necessária no arrancamento do munhão sobre o implante, revelando então a intensidade do efeito cunha na região cônica do implante sob um valor de 10,4 N.

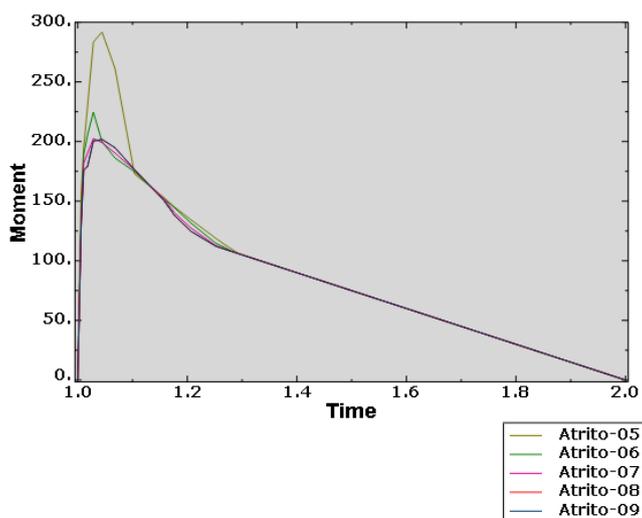


Figura 7: Torque de desaperto [N.mm] em função do tempo de simulação [s] variando-se os valores de atrito para um torque de inserção de 150 N.mm

## 5. CONCLUSÕES

Devido às boas características dos implantes com conexão do tipo Cone Morse, diversas pesquisas estão sendo realizadas com o intuito de quantificar a resistência do conjunto implante/pilar submetido a carregamentos que simulam as forças mastigatórias. Nas análises realizadas nos implantes através do método de elementos finitos, verificou-se que a estabilidade é um dos requisitos fundamentais para a obtenção da osseointegração e o sistema Cone Morse estudado mostrou resistência e rigidez que permite uma boa estabilidade ao conjunto.

## 6. REFERÊNCIAS

- Bozkaya, D., Müftü, S., 2003. “Mechanics of the tapered interference fit in dental implants”. *Journal of Biomechanics* 36 (2003) 1646–1658.
- Mollerten, L., Lockowandt, P., Linden, L.A., 1997. “Comparison of strength and failure mode of seven implant systems: an in vitro test”. *J. Prosth. Dent.* 1997; pp. 78-582.
- Norton, M.R., 1999. “Assessment of cold welding of the internal conical interface of two commercially available implant systems”. *Journal of Prosthetic Dentistry* 83, 567-571.
- Shigley, J.E., Mischke, C.R., 1989. “Mechanical Engineering Design”, 5<sup>th</sup> edition, McGraw Hill, Boston, pp. 450-457.
- Soares, M.A.D., Lenharo, A., Filho, A.J., Ciuccio, R.L., Luiz, N.E., 2006. “Implante Cone Morse ultra rosqueante de torque interno (Parte I): desenvolvimento do produto”. *Innovations Implant Journal*, v.1, n.1, Maio 2006.

## 7. AGRADECIMENTOS

Os agradecimentos vão para a empresa Neodent que nos proporcionou esta pesquisa, ao Laboratório de Projetos Mecânicos da UFU, e ao Prof. Dr. Cleudmar Amaral Araújo que orientou toda a pesquisa.

## 8. ABSTRACT

Clinical application of dental implants in oral rehabilitation has shown high success rates. These favorable results have increased the use of total restorations for partial, including the single ones. However, from the conception until recently, experts in the subject observe some limitations, such as a chronic marginal bone loss around the anchorages, over the time of use. A probable cause of the hard tissue loss is the presence of stress concentration resulting from occlusal forces on the prosthesis in the implant/bone interface. The objective of this study is to evaluate the resistance generated by the insertion torque using a Morse taper connection on a dental implant. The resistance and the structural behavior will be evaluated through the analysis of mathematical models and numerical models of representative finite element for this system. Literature reviews on some models and analyzes already developed on dental implants with Morse taper connection used to estimate the pressure levels and pullout forces resulting from an interference process generated the conical connection after applying the insertion torque were here. Contact pressure, loosening torque and pullout strength were evaluated in this study.

## 9. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

Os autores são os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste trabalho.