

Desenvolvimento de uma Metodologia para Análise de Problemas 3D de Bioengenharia por Elementos Finitos

André Yugou Uehara, Divisão para Desenvolvimento de Produtos, Centro de Pesquisas Renato Archer, e-mail: ayuehara@cenpra.gov.br

Daniel Takanori Kemmoku, Divisão para Desenvolvimento de Produtos, Centro de Pesquisas Renato Archer, e-mail: daniel.kemmoku@cenpra.gov.br

Pedro Yoshito Noritomi, Divisão para Desenvolvimento de Produtos, Centro de Pesquisas Renato Archer, e-mail: pedro.noritomi@cenpra.gov.br

Jorge Vicente Lopes da Silva, Divisão para Desenvolvimento de Produtos, Centro de Pesquisas Renato Archer, e-mail: jorge.silva@cenpra.gov.br

Introdução

Este trabalho mostra os procedimentos desenvolvidos no CenPRA para a realização de análises de Elementos Finitos em modelos tridimensionais de Bioengenharia. A metodologia desenvolvida engloba os estágios referentes ao planejamento, análise e estudo dos resultados.

Complexidades relativas às particularidades das geometrias orgânicas, aliadas à não linearidade dos fenômenos de grandes deslocamentos e de comportamento de materiais, consistem nos desafios permanentes das análises de bioengenharia. Dessa forma, buscou-se o desenvolvimento de uma metodologia de análise estrutural capaz de compreender as singularidades dos modelos através de simplificações e condições de contorno adequadas no intuito de refletir, da melhor maneira possível, as condições mecânicas da estrutura real.

Caso de Estudo

O caso de estudo consistiu na modelagem do comportamento de um sistema mecânico composto por implantes de fixação, parafusos, barra-clip e mandíbula com ossos cortical e trabecular descritos [1]. Para este sistema, a porção média da mandíbula foi seccionada como mostra a figura 1, sobre ela foram montados os implantes, simulando uma situação de desalinhamento em que a barra-clip é ajustada a um dos implantes por aplicação de torque de fechamento no parafuso de fixação e a mandíbula é presa ao implante oposto, observado na figura 1. Esse esforço de pré-carga, aplicado sobre a estrutura por ocasião do fechamento do desalinhamento, gera esforços internos, tanto na estrutura mecânica, quanto na estrutura

óssea de suporte, o que pode vir a influenciar na recuperação do pós-operatório, dado que o osso reage dinamicamente aos esforços aplicados [1]. Nesse contexto, a análise teve o objetivo de revelar os perfis de tensão e deformação relativos ao esforço resultante do desalinhamento.



Figura 1: Configuração Geométrica do caso de estudo.

Procedimentos da Análise

De posse dos modelos CAD (*Computer Aided Design*) das geometrias de estudo, foi necessário verificar a qualidade das mesmas, principalmente quanto à consistência das superfícies resultantes dos processos de importação da ferramenta de análise numérica. Realizar este procedimento é importante, pois inconsistências superficiais não detectadas influenciam negativa e decisivamente a qualidade final das malhas, dos contatos e, conseqüentemente, nos resultados finais [2].

Modelagem de Materiais

Nesta etapa, aponta-se a importância de verificar a consistência das grandezas físicas utilizadas no modelo junto com a

homogeneidade de sistemas métricos [3]. Para o caso de estudo, todos os materiais foram considerados isotrópicos, lineares e homogêneos. Embora essa hipótese possa parecer demasiado forte para materiais complexos como os ossos, essa opção foi feita com base em dados fornecidos pelos requisitantes da análise, além de mostrar-se adequada para um procedimento inicial [4]. A barra-clip foi considerada como sendo de titânio e posteriormente modelada para ouro, cromo-cobalto e uma liga prata-paládio. O implante, em todas as análises, foi configurado como sendo de titânio, enquanto que valores médios de elasticidade dos ossos cortical e trabecular foram aplicados para as geometrias ósseas externa e interna, respectivamente.

Modelagem de Contato

A modelagem de contato surgiu da necessidade de obter resultados que avaliassem a influência das regiões de intersecção de sistemas de múltiplos corpos. Assim, compreender devidamente a maneira como os componentes do modelo interagem, consiste em requisito importante para definir propriedades consistentes de contato, condizentes com o comportamento mecânico do sistema [3].

Geração de Malhas

Devido a complexidade geométrica dos modelos, fez-se necessário obter boa discretização, a fim de que a qualidade dos resultados não fosse comprometida. Foram utilizados elementos tetraédricos quadráticos, caracterizados por pirâmides de base triangular, com um nó em cada vértice e um no centro de cada aresta, totalizando 10 nós por elemento. Tais elementos, aliados a um controle de malha manual, permitiram representação adequada dos volumes de geometrias complexas, figura 2.

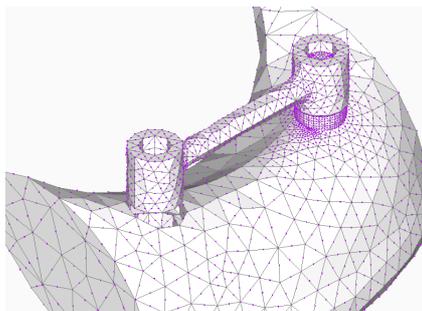


Figura 2: Malha gerada para o caso de estudo.

Resultados

Os locais com maiores concentrações de tensão foram o perímetro de inserção do implante no osso cortical e a base do implante no osso trabecular. Além da flexão da barra-clip foi observada uma inclinação do implante fora do plano médio longitudinal do conjunto analisado, a qual se acentua com o aumento do desalinhamento aplicado.

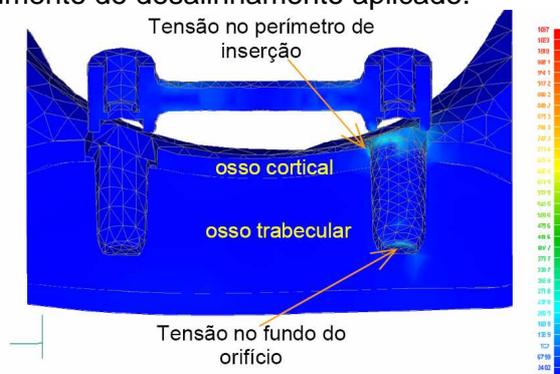


Figura 3: Resultado de campo de tensões.

O modelo de contato mostrou-se eficiente na transmissão de esforços de um corpo para o outro, como pode ser visto na figura 3.

Considerações Finais

A alta complexidade geométrica do modelo e da distribuição de tensões foi representada pelo modelo 3D. O desalinhamento do implante foi de fundamental importância para a distorção do campo de tensões no perímetro de inserção e ao longo de toda superfície do orifício do implante. O modelo de contato mostrou-se adequado para representar as tensões e deslocamentos.

Referências

- [1] Abreu R. T. Análise Tridim. da Dist. de Tensões na Estrutura do Sist. Barra/clips e Interface Osso/implante em Função do Tipo de Mat. da Barra e do Desajuste Vert. aos Implantes. Tese FOP/ UNICAMP, 2007; 81p.
- [2] Noritomi P. Y. Introdução ao Método dos Elementos Finitos para Aplicações em Bioengenharia. Doc. Eletrônico. 2005; 30 slides.
- [3] Noran Engineering NeiNastran Tutorials <http://www.nenastran.com/newnoran/tutorial> al último acesso em 23/01/2007.
- [4] Zienkiwicz O. C. e Taylor R. L. *The Finite Element Method 4th Edition vol.1: Basic Formulation and Linear Problems* McGraw-Hill, 1989.