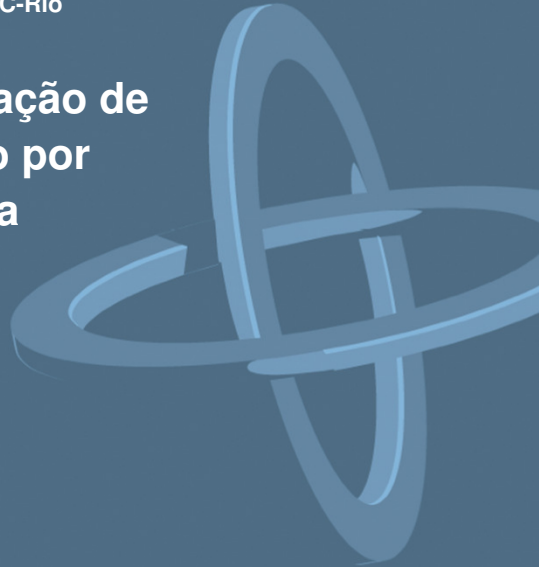




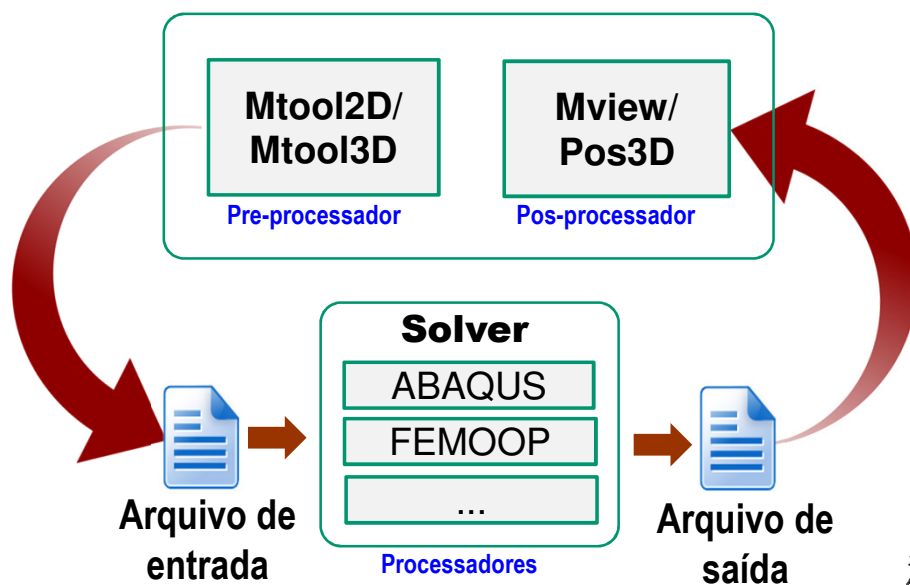
CIV 2802 – Sistemas Gráficos para Engenharia
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental
Instituto Tecgraf/PUC-Rio

Modelagem e Visualização de Modelos de Simulação por Elementos Finitos para Reservatórios

Luiz Fernando Martha



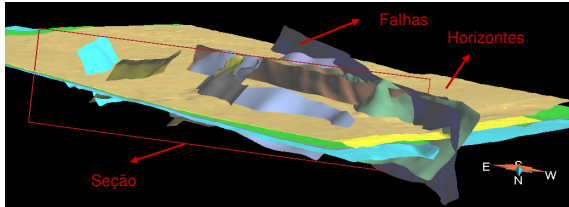
Sistema integrado



Aplicação: reativação de falhas geológicas

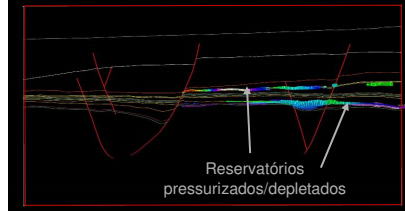
Topologia 3D

(GOCAD)



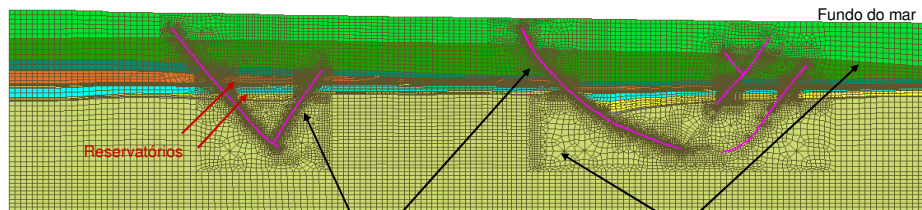
Seção 3 – Topologia 2D + ΔP

(GOCAD)



Modelo EPD elastoplástico para análise de tensões efetivas via MEF

(Mtool2D)



(23 740 m x 5 510 m)

Falhas
(elem. Interface)

Rocha
(elem. quadrilateral)

36 497 elementos
108 764 nós



Fluxo de modelagem e visualização 3D

Sistema Integrado

Modelagem de EF

Mtool3D

Análise

Programas
de análise

Visualização

Pos-3D

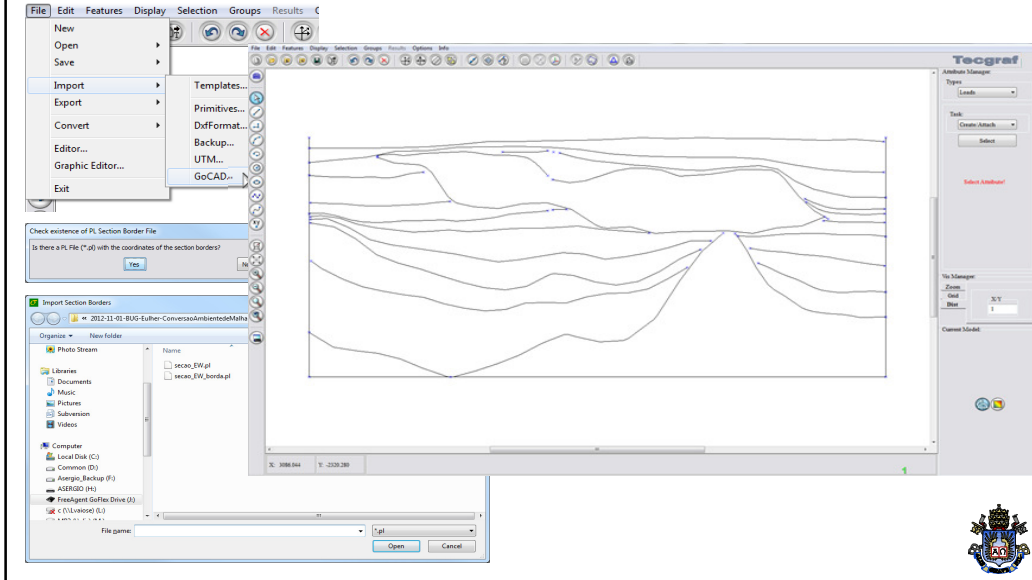
Importação e
exportação de
superfícies

Modelador geológico

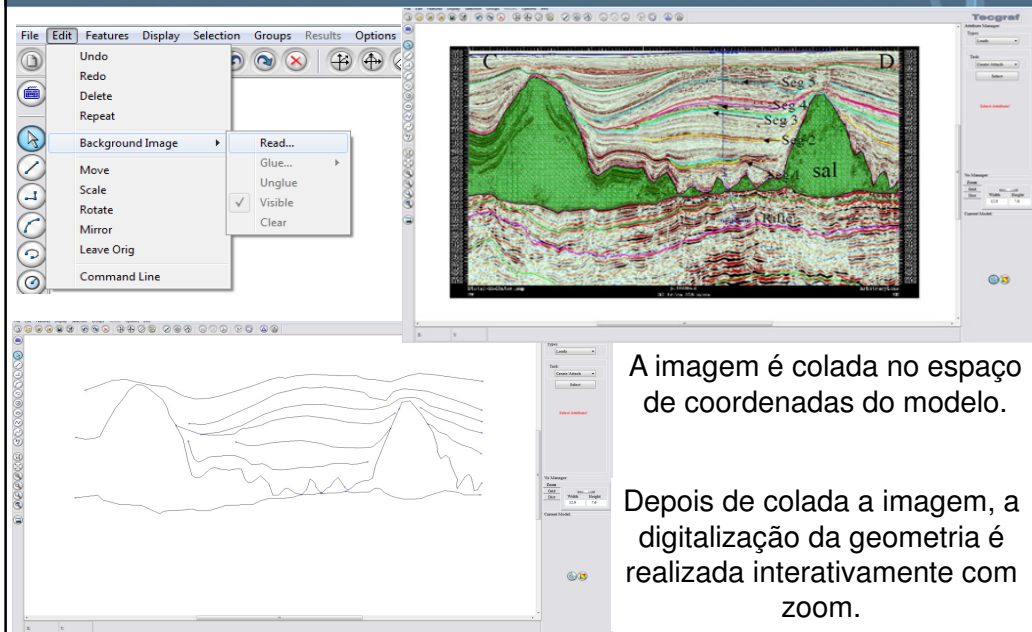
GOCAD



Mtool – Importação de diversos formatos

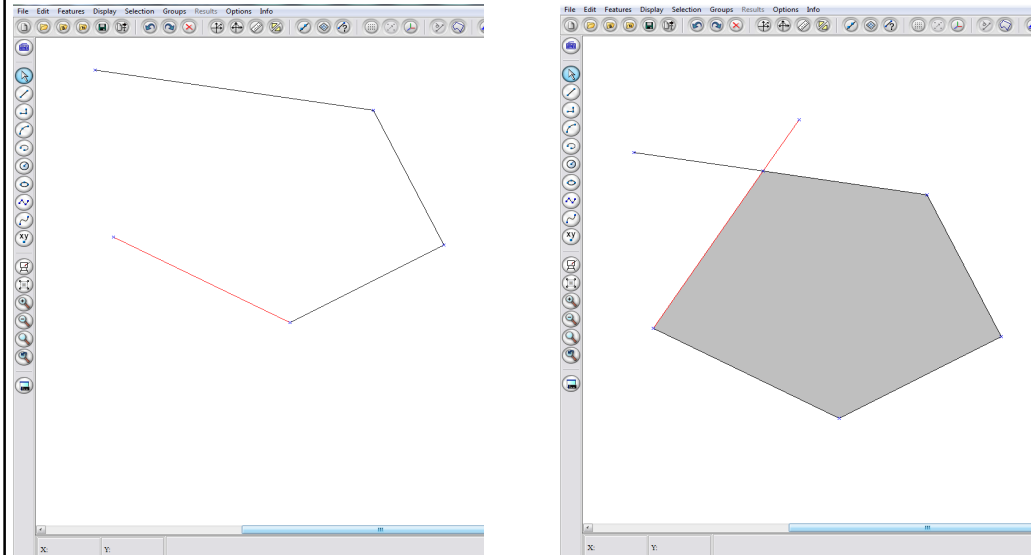


Mtool – Geração de geometrias a partir de uma imagem

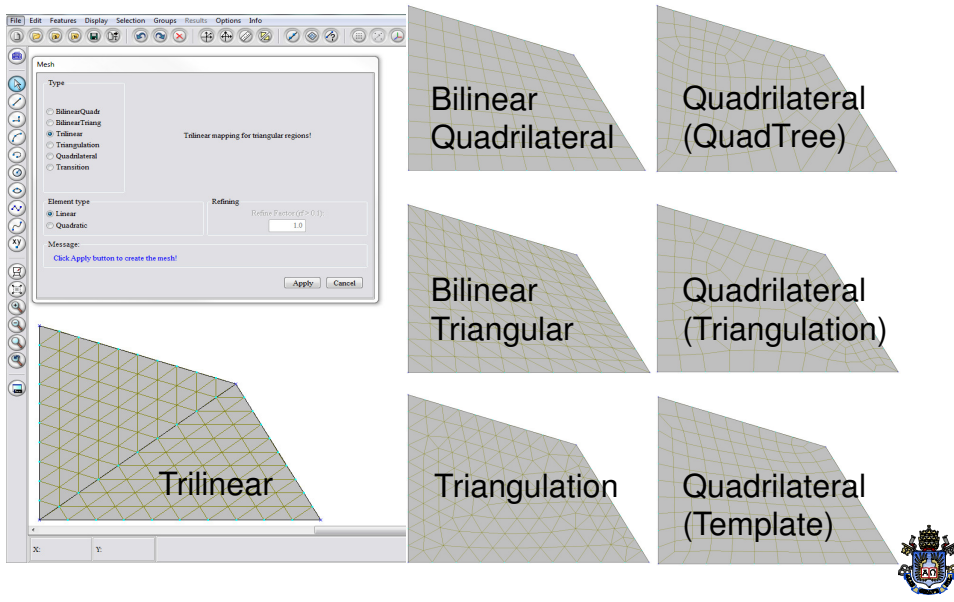


Mtool – Inúmeras ferramentas de modelagem

Interseção de curvas; reconhecimento automático de regiões; etc.

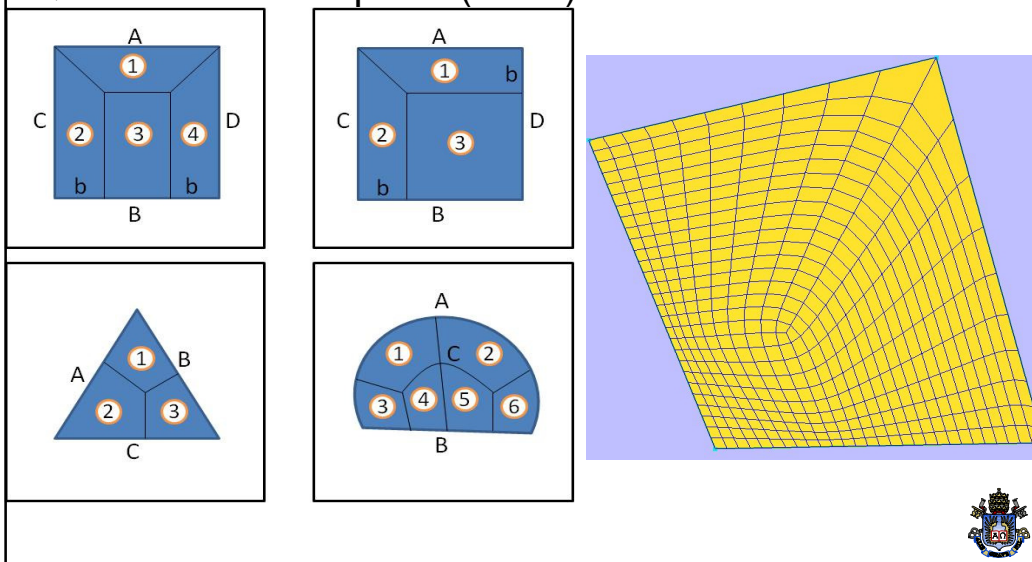


Mtool – Algoritmos de geração de malhas

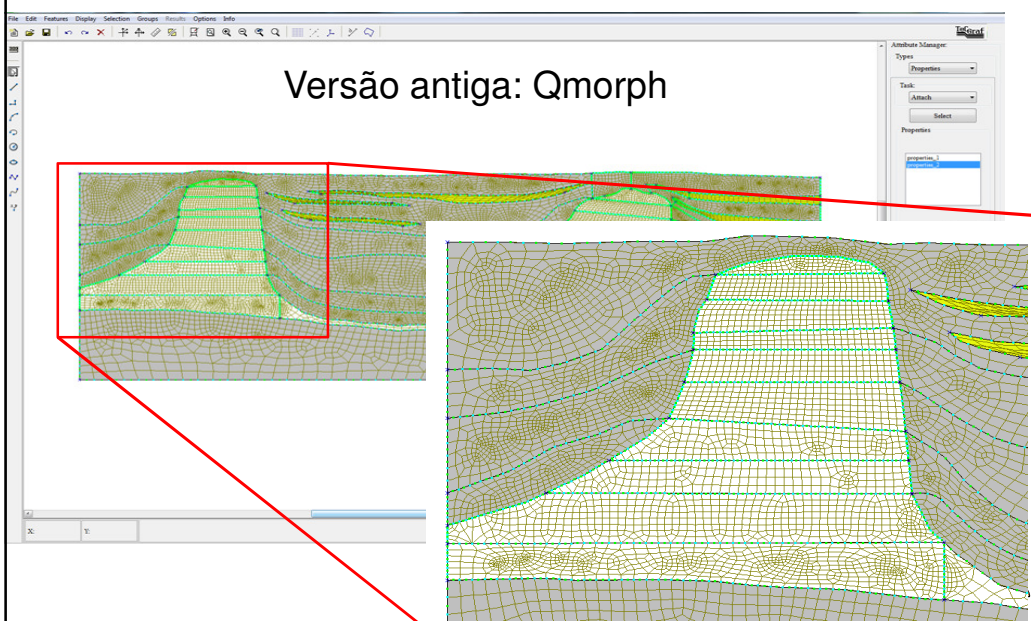


Mtool – Algoritmos de geração de malhas

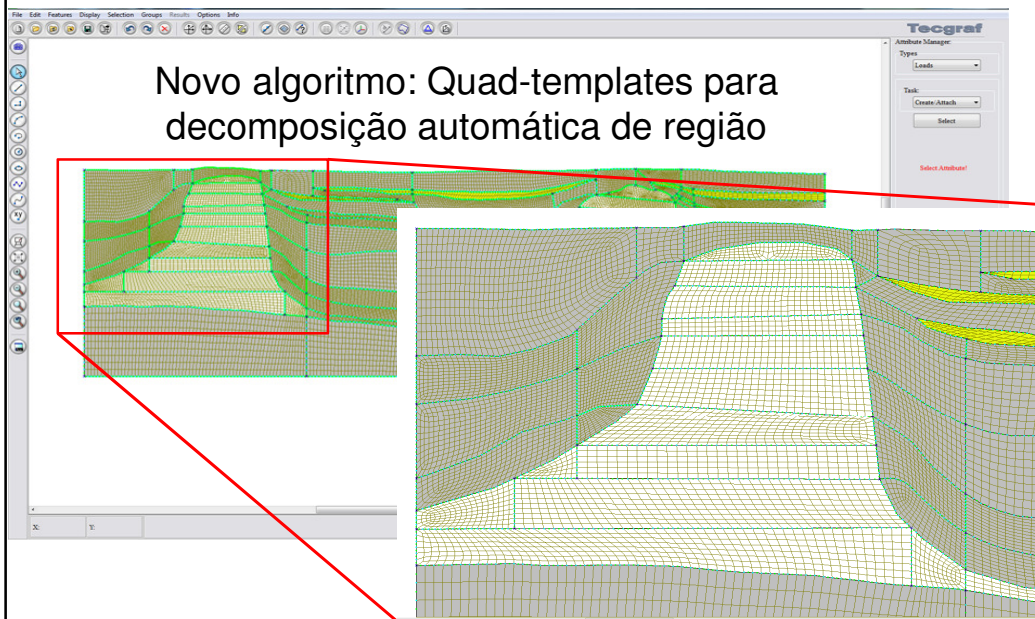
Quadrilateral template (novo)



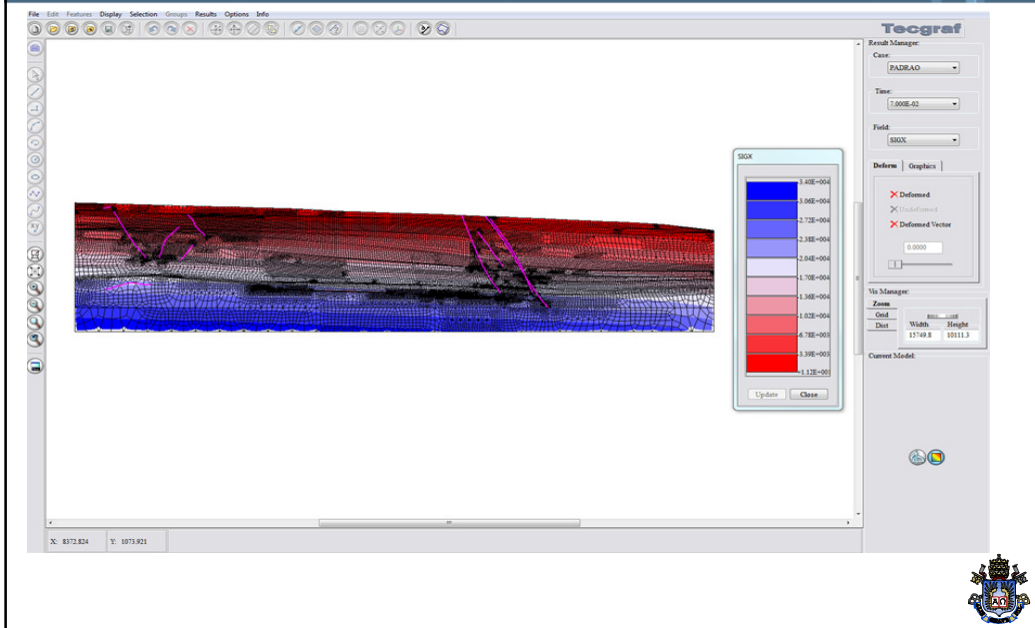
Mtool – Geração de malhas de quadriláteros



Mtool – Geração de malhas de quadriláteros

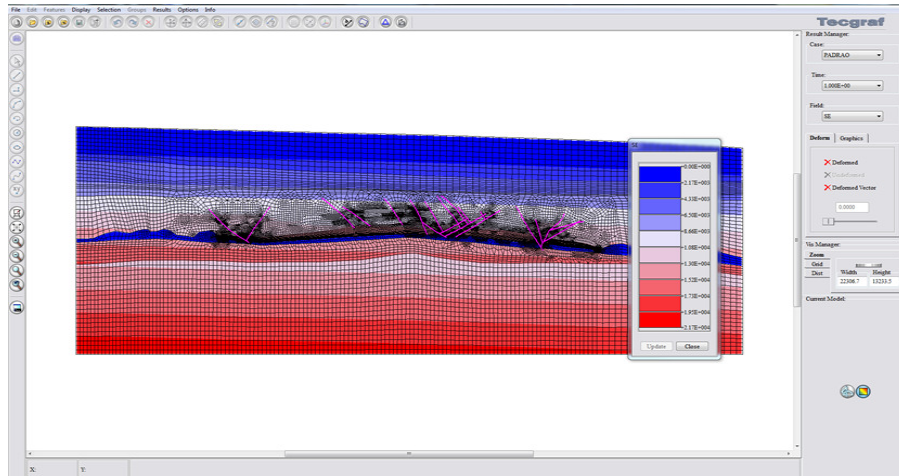


Mview – Análise de resultados

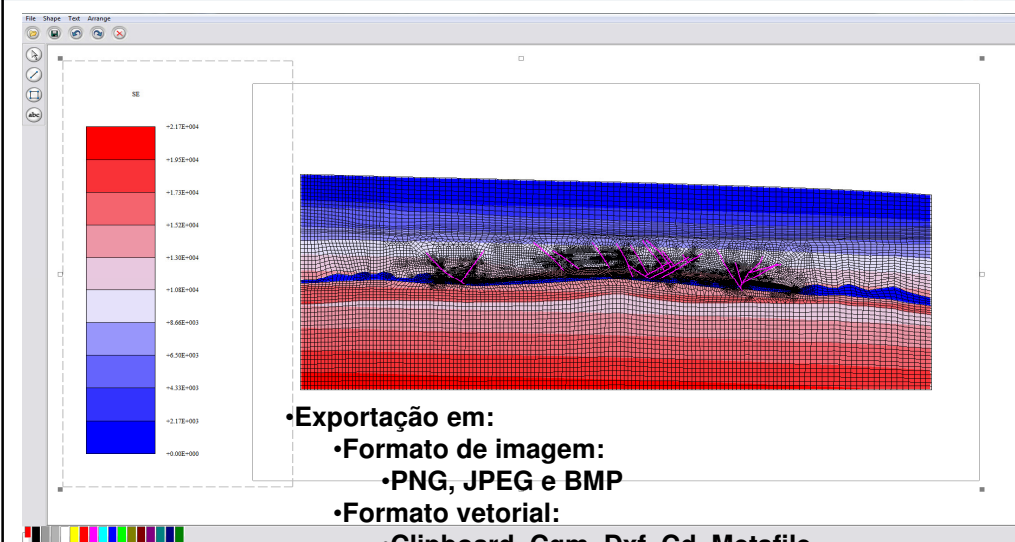


Mview – Análise de resultados

Uso de editor de imagens para geração de relatórios.



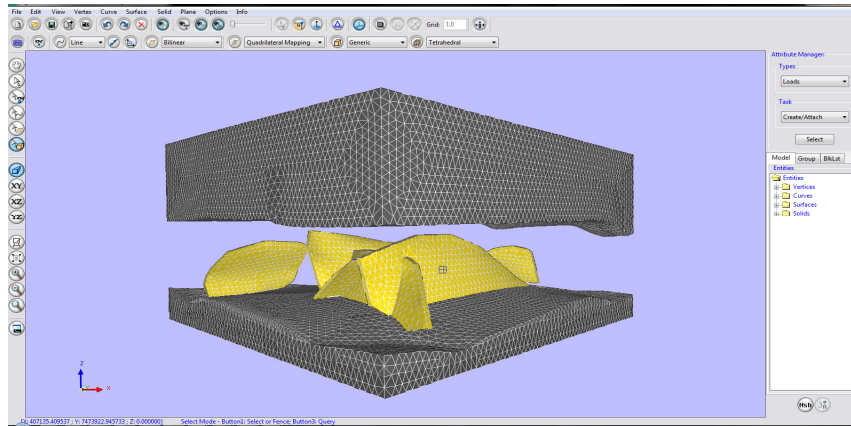
Mview – Análise de resultados



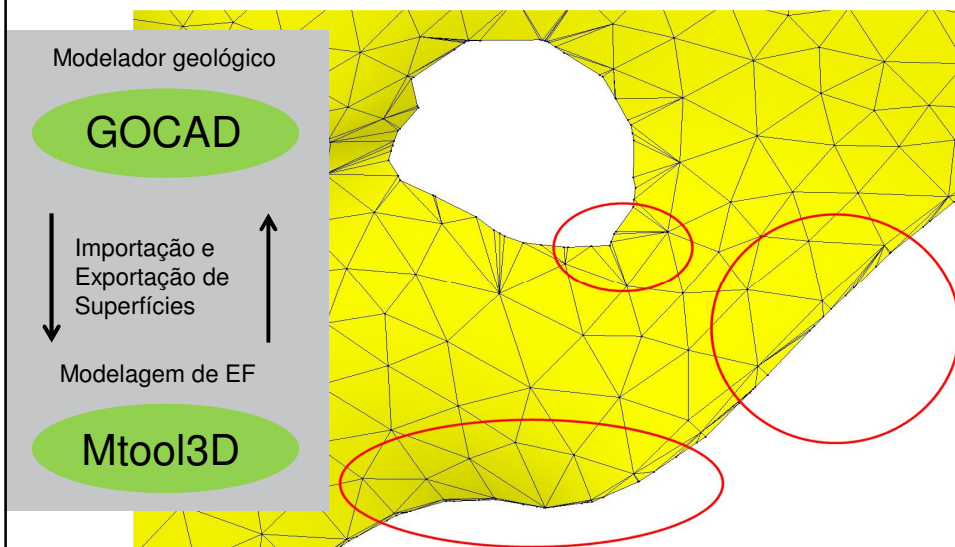
- Exportação em:
 - Formato de imagem:
 - PNG, JPEG e BMP
 - Formato vetorial:
 - Clipboard, Cgm, Dxf, Cd_Metatile, Win_Metatile, Enchaced_Metatile e Postscript



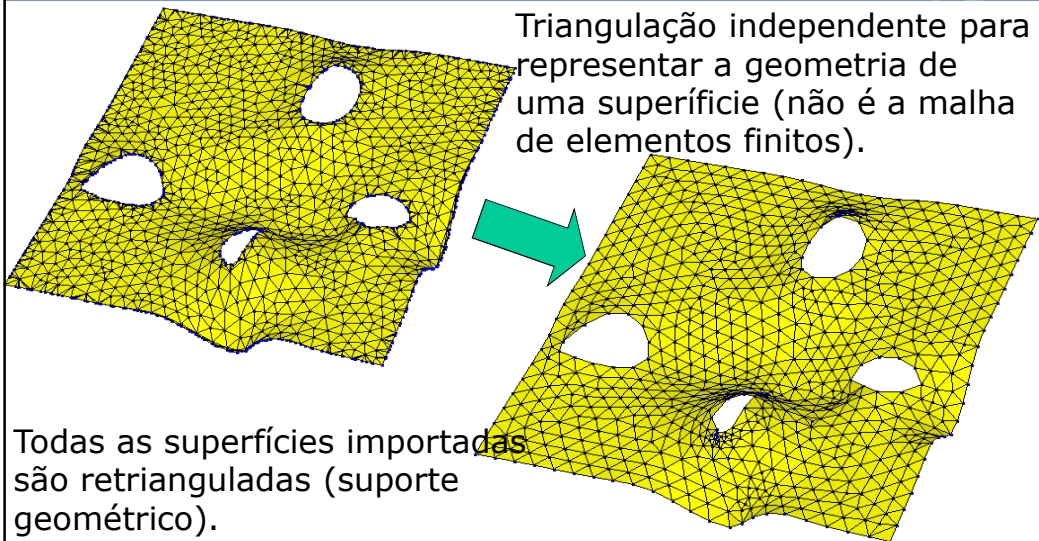
Mtool3D – Mesh generation tool 3D



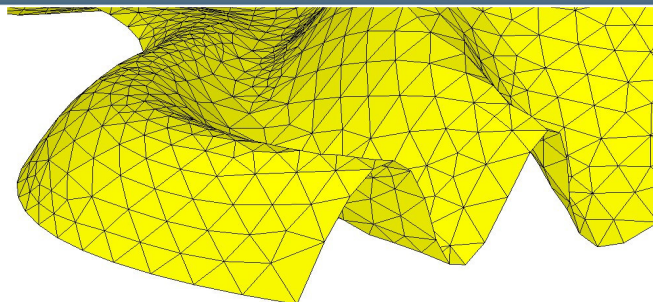
Superfícies importadas: imprecisão e defeitos



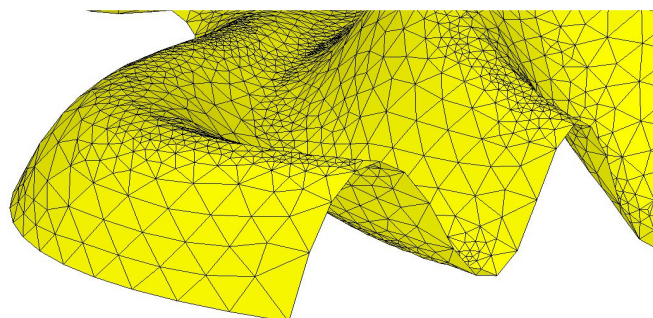
Mtool3D – Suporte geométrico de superfícies



Mtool3D – Importância de considerar curvaturas no suporte geométrico de superfícies



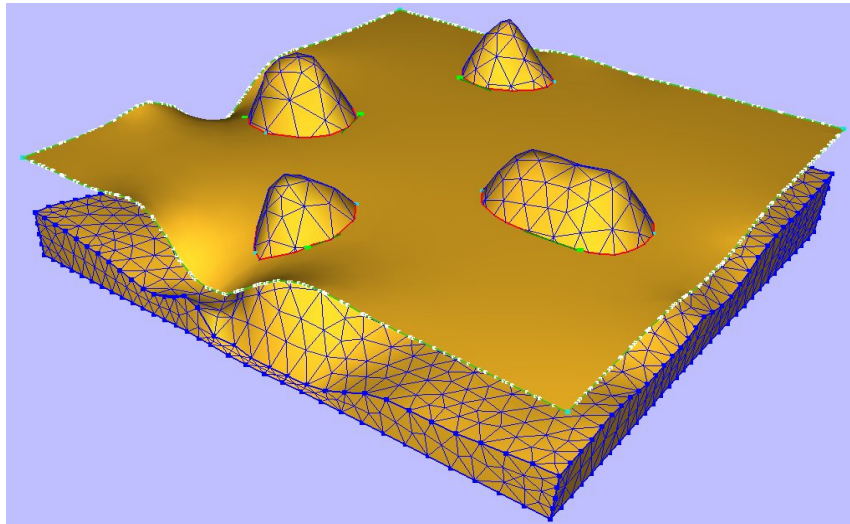
Sem considerar curvatura



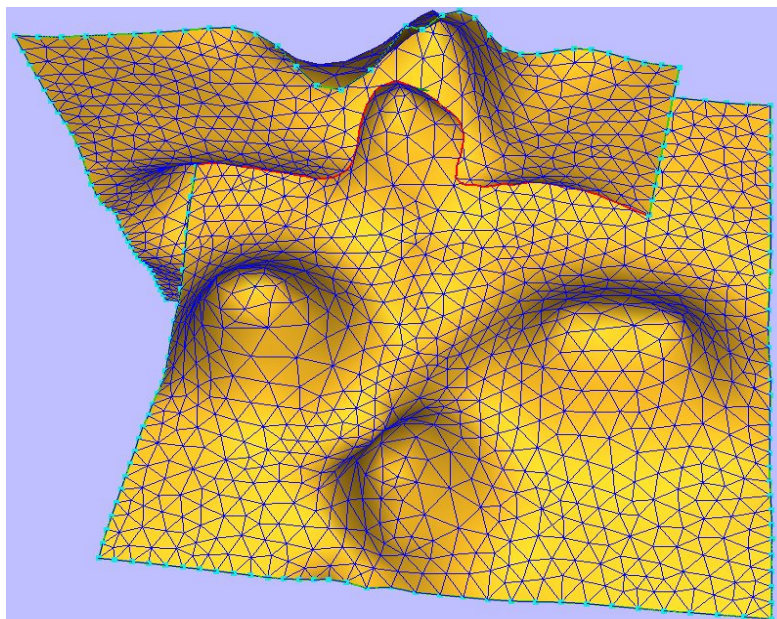
Considerando curvaturas



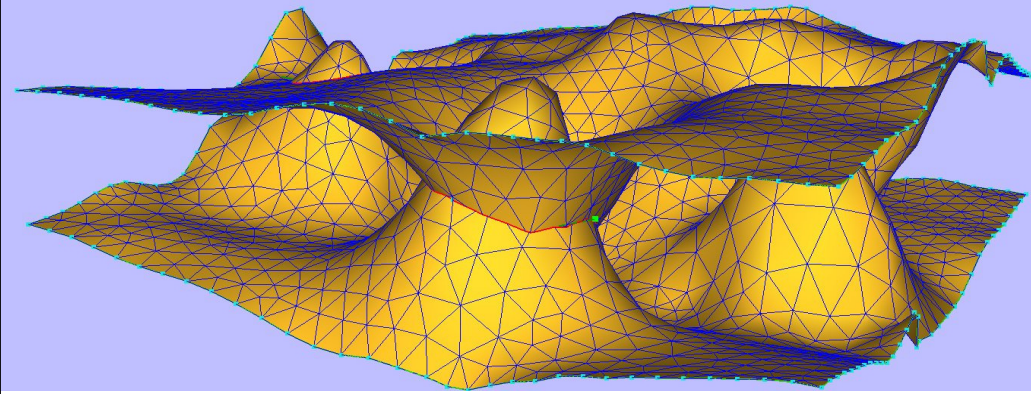
Mtool3D – Interseção de superfícies



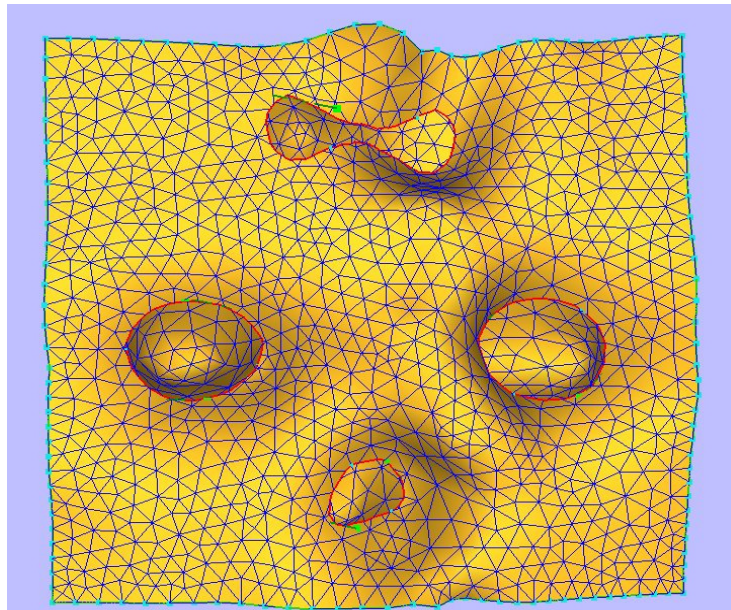
Mtool3D – Interseção de superfícies



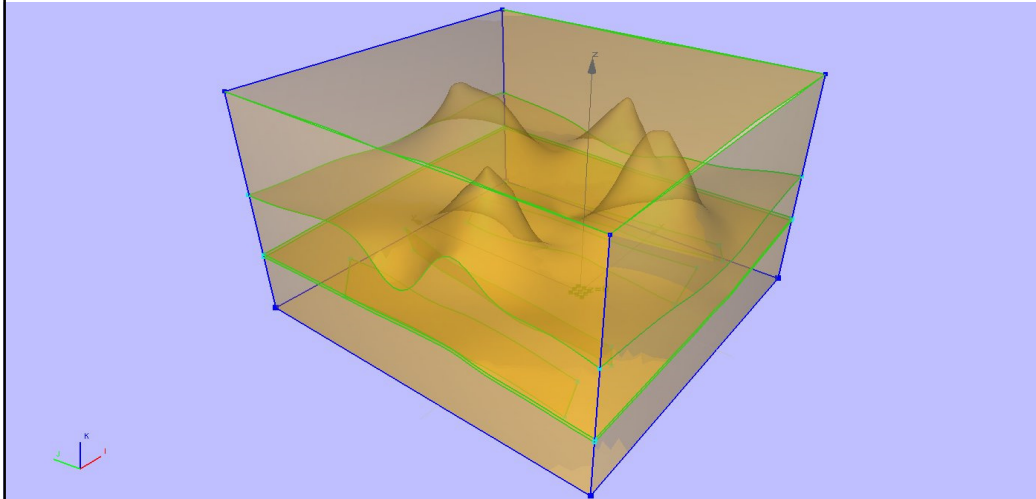
Mtool3D – Interseção de superfícies



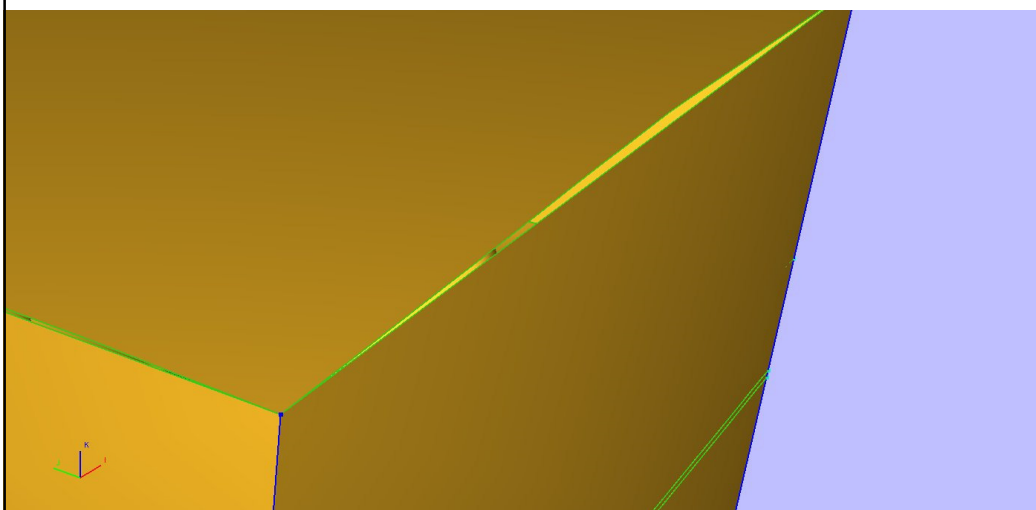
Mtool3D – Interseção de superfícies



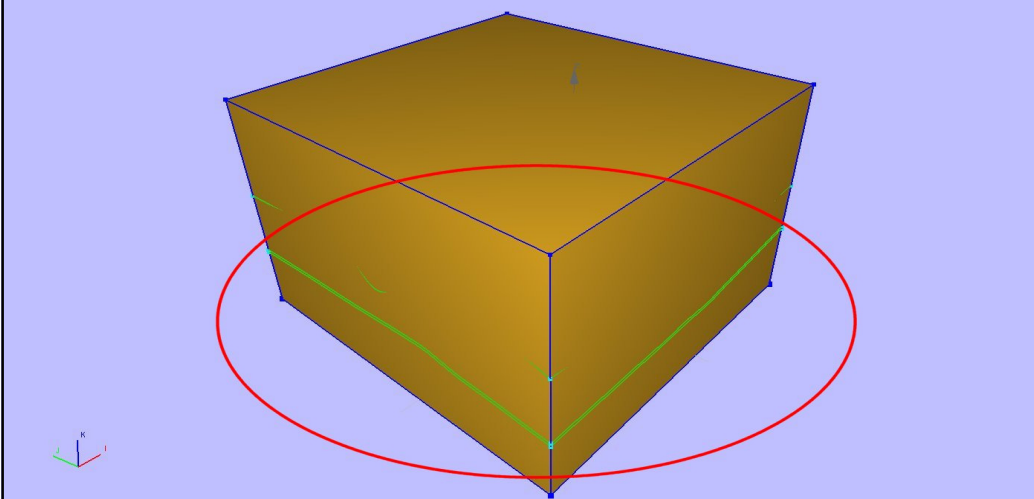
Superfícies importadas do GOCAD



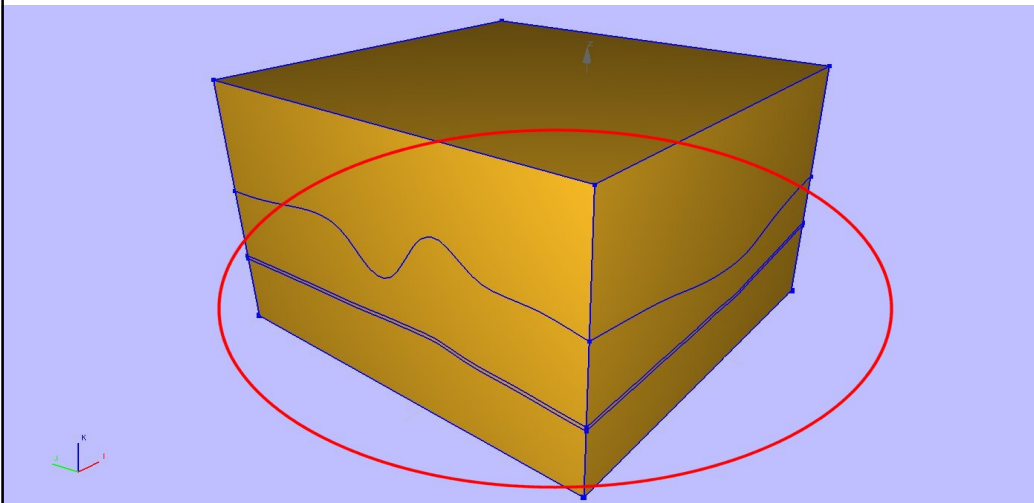
Inconsistências geométricas



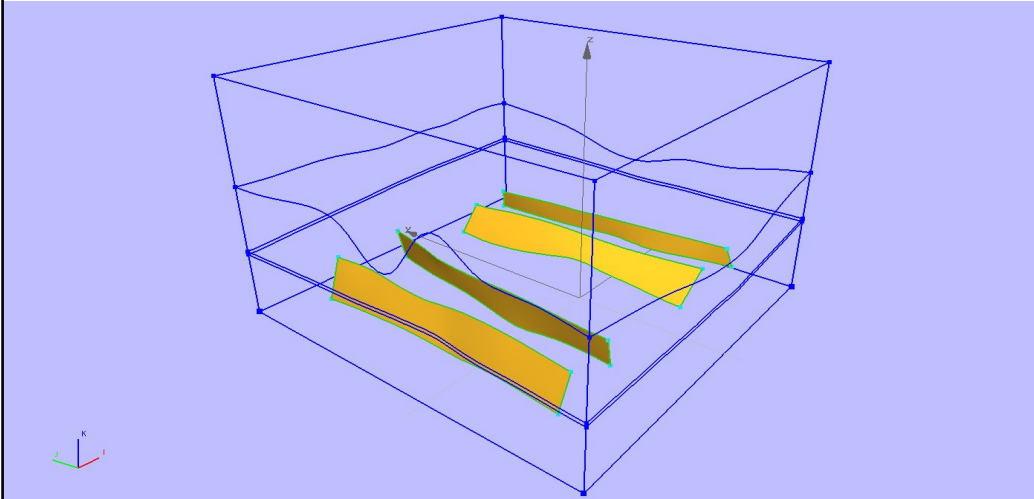
Operações de ajuste de geometria



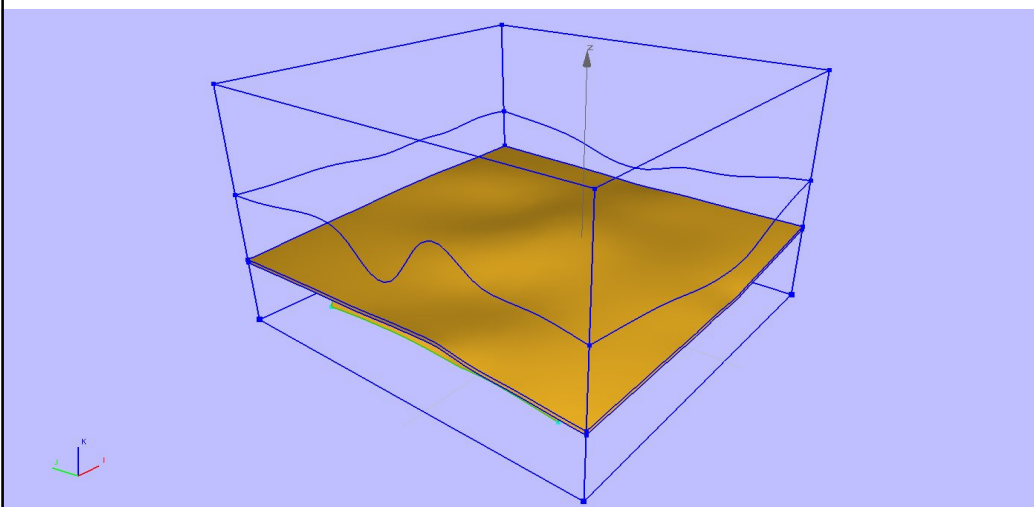
Operações de ajuste de geometria



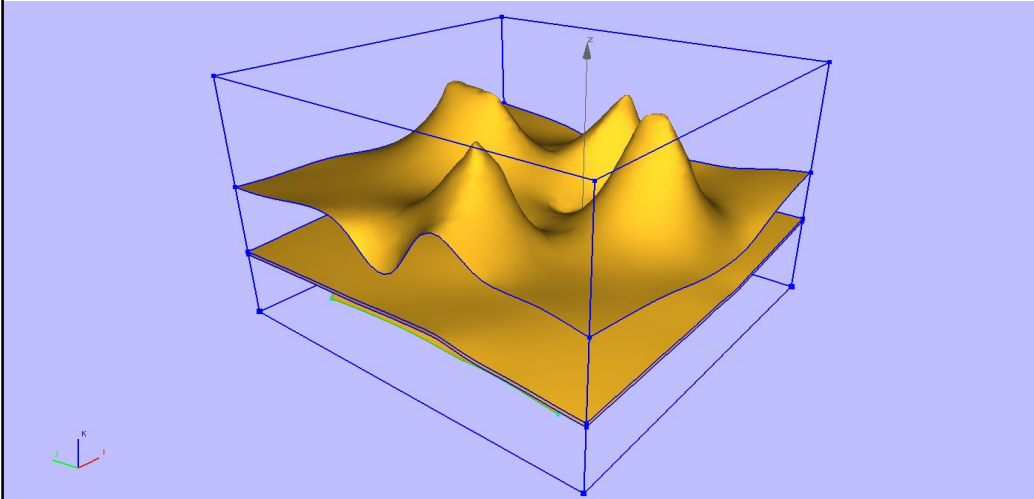
Falhas desconexas



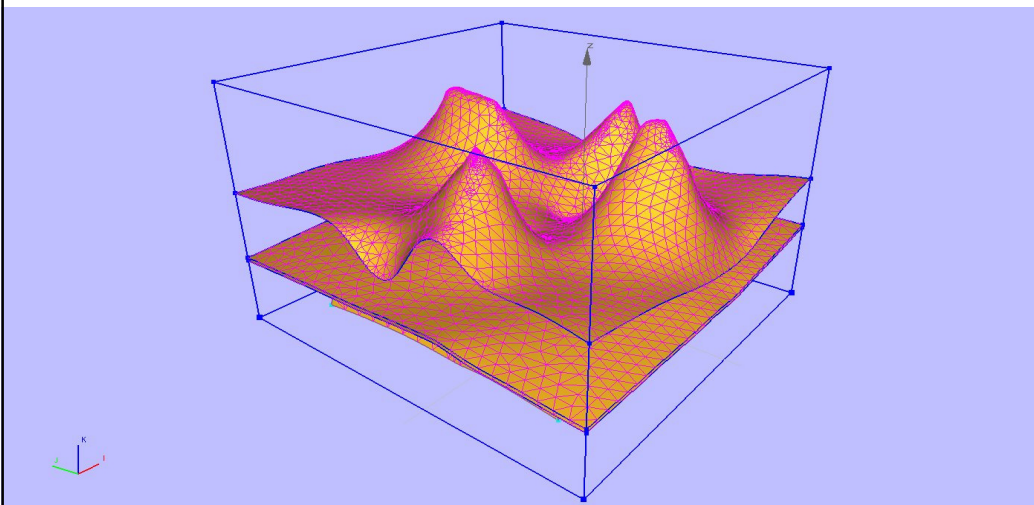
Disparidade de distâncias e espessuras



Geometrias arbitrárias complexas

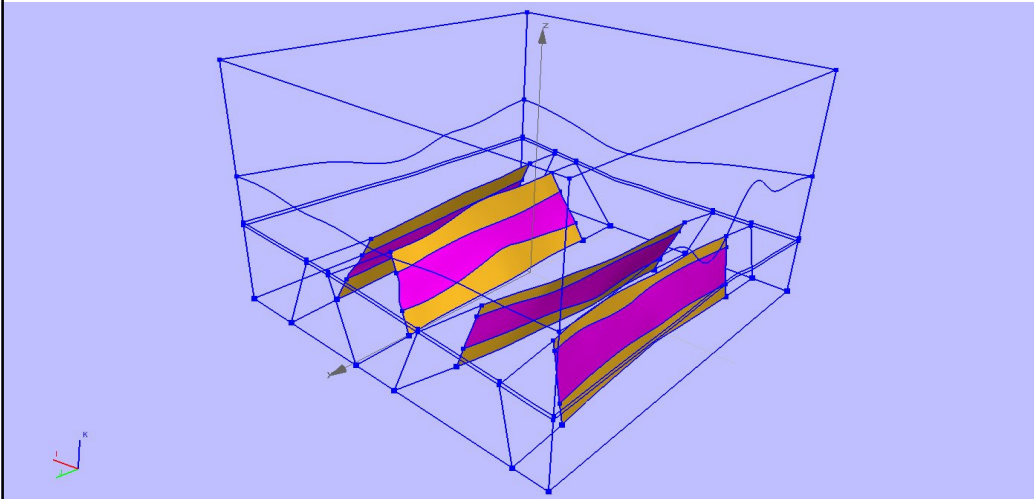


Suporte geométrico discreto para superfícies



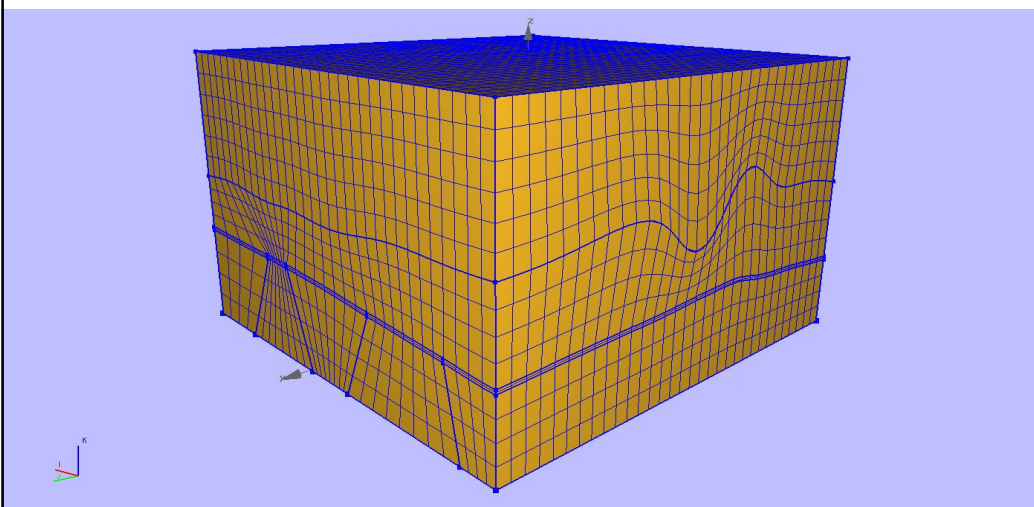
Mtool3D – Modelagem de subsuperfície

Fechamento de volumes para geração de malhas



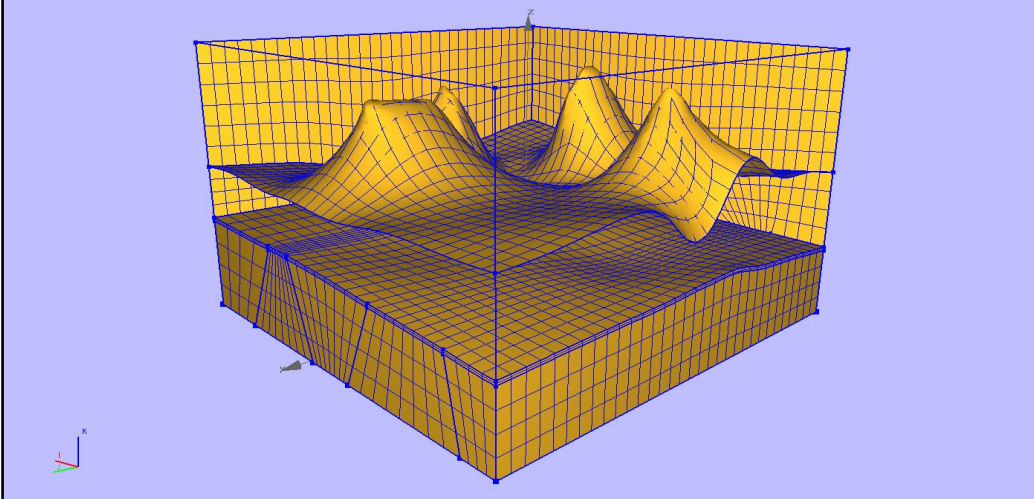
Mtool3D – Modelagem de subsuperfície

Geração de malha de superfície (quadriláteros)



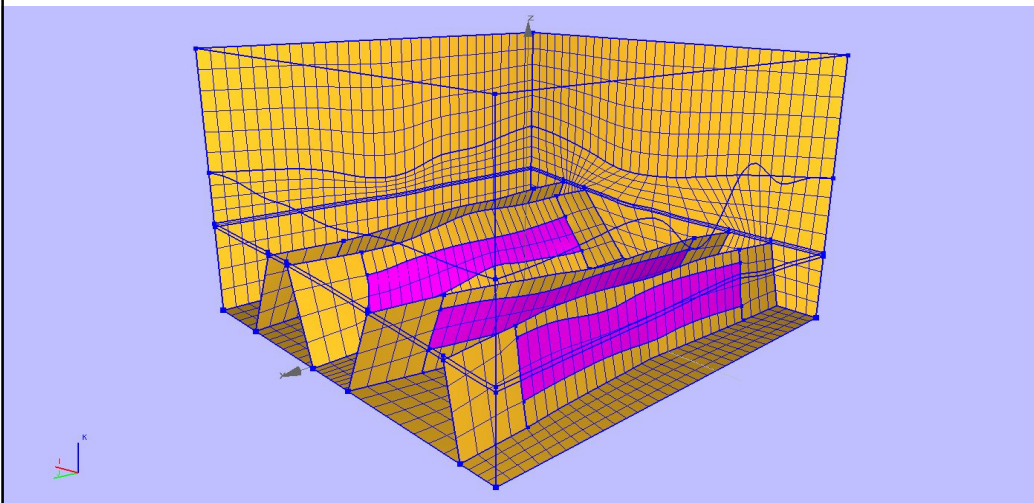
Mtool3D – Modelagem de subsuperfície

Geração de malha de superfície (quadriláteros)



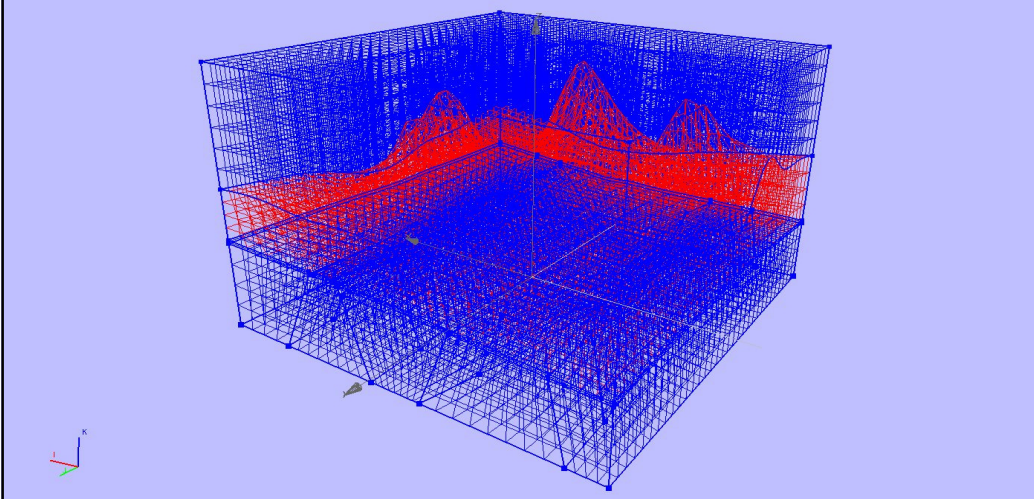
Mtool3D – Modelagem de subsuperfície

Geração de malha de superfície (quadriláteros)



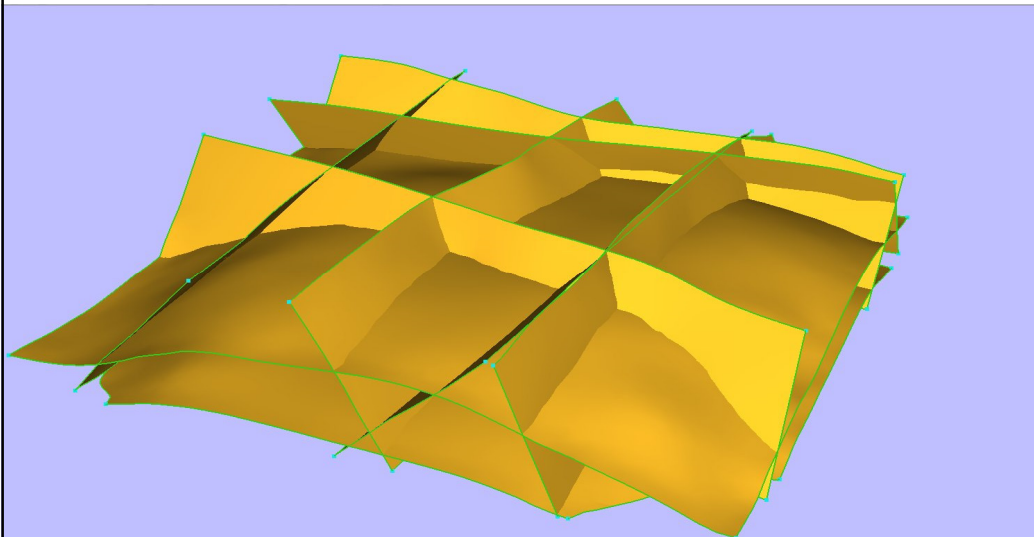
Mtool3D – Modelagem de subsuperfície

Geração de malha de volume (hexaédros)



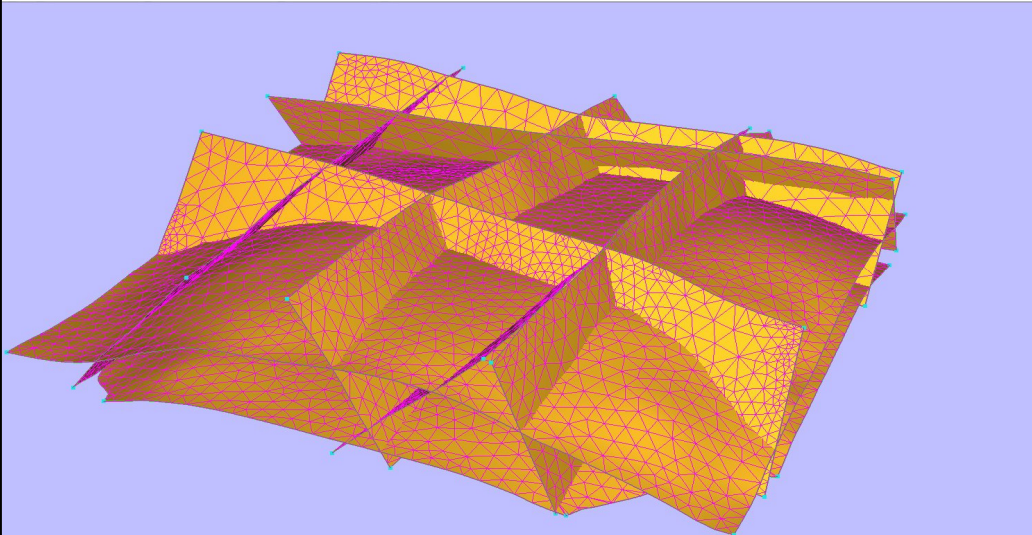
Mtool3D – Modelagem de subsuperfície

Importação de horizontes e falhas do gOcad



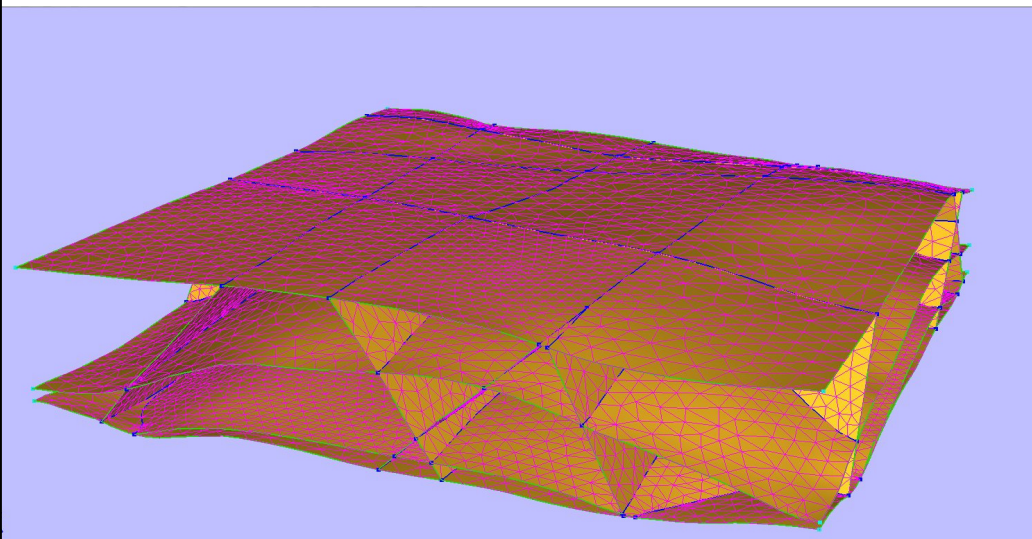
Mtool3D – Modelagem de subsuperfície

Importação de horizontes e falhas do gOcad



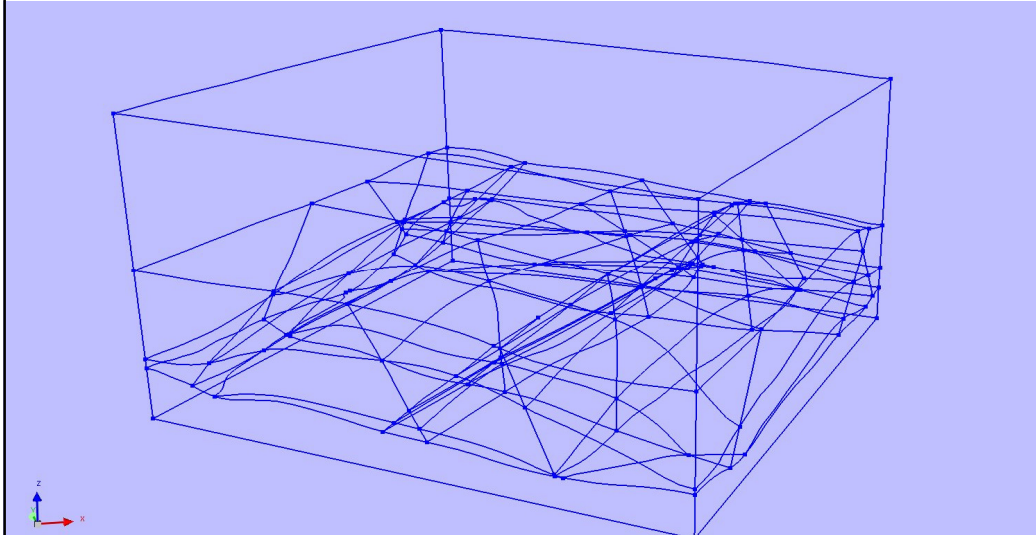
Mtool3D – Modelagem de subsuperfície

Interseção e ajuste de superfícies para gerar modelos consistentes de elementos finitos



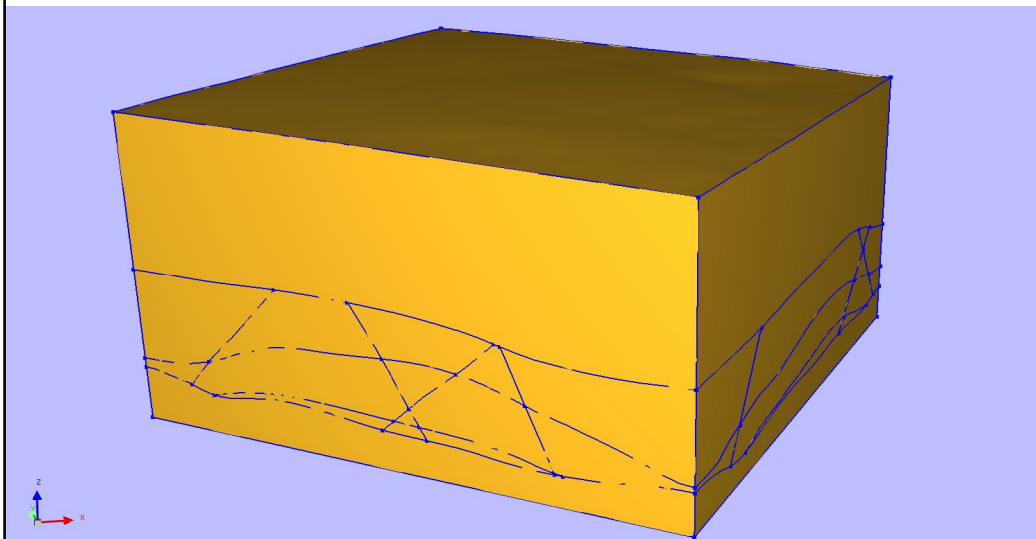
Mtool3D – Modelagem de subsuperfície

Interseção e ajuste de superfícies para gerar modelos consistentes de elementos finitos

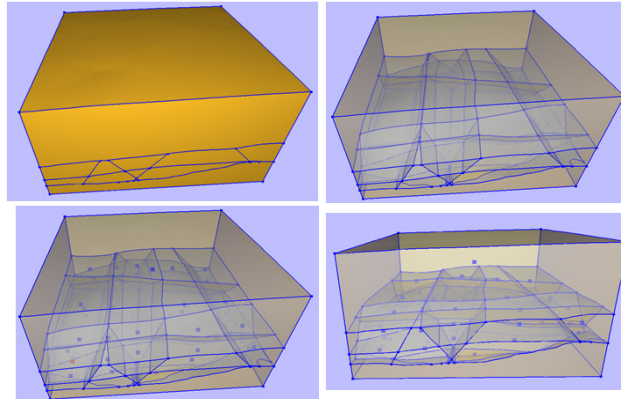
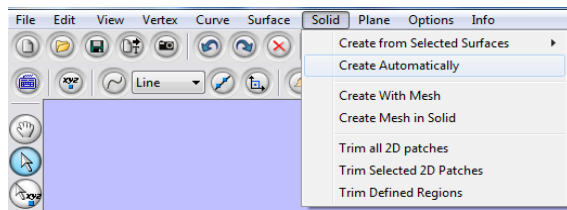


Mtool3D – Modelagem de subsuperfície

Interseção e ajuste de superfícies para gerar modelos consistentes de elementos finitos

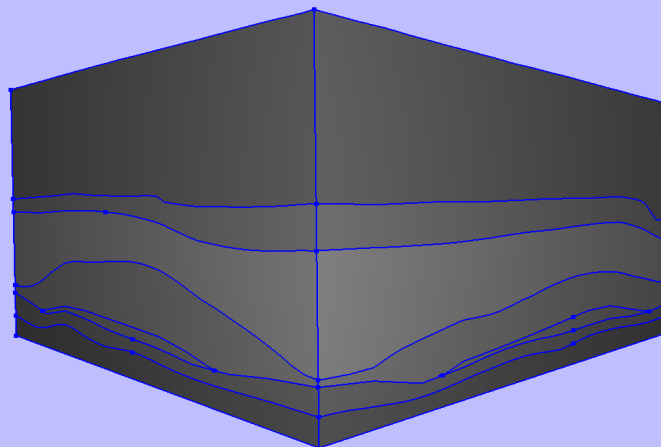


Mtool3D – Reconhecimento automático de volumes



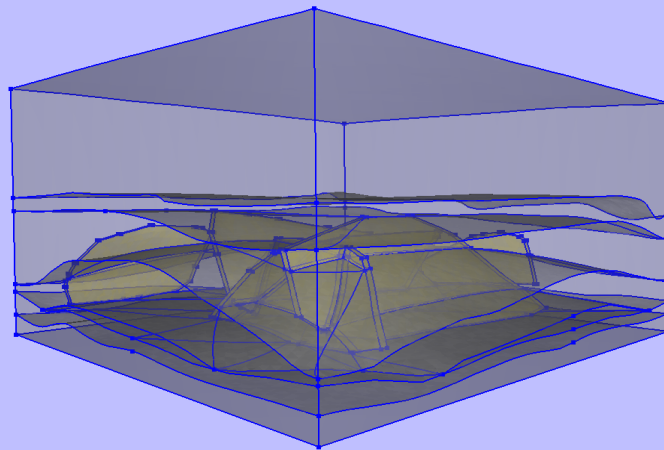
Mtool3D – Modelagem de subsuperfície

Modelo complexo sem superfícies fictícias para decomposição de domínios – malhas de tetraedros.



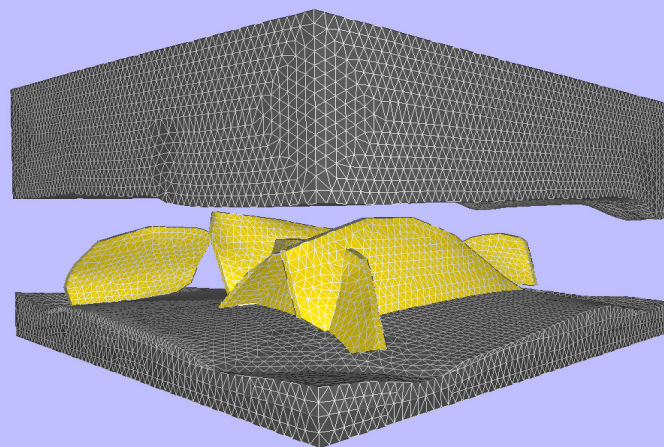
Mtool3D – Modelagem de subsuperfície

Modelo complexo sem superfícies fictícias para decomposição de domínios – malhas de tetraedros.

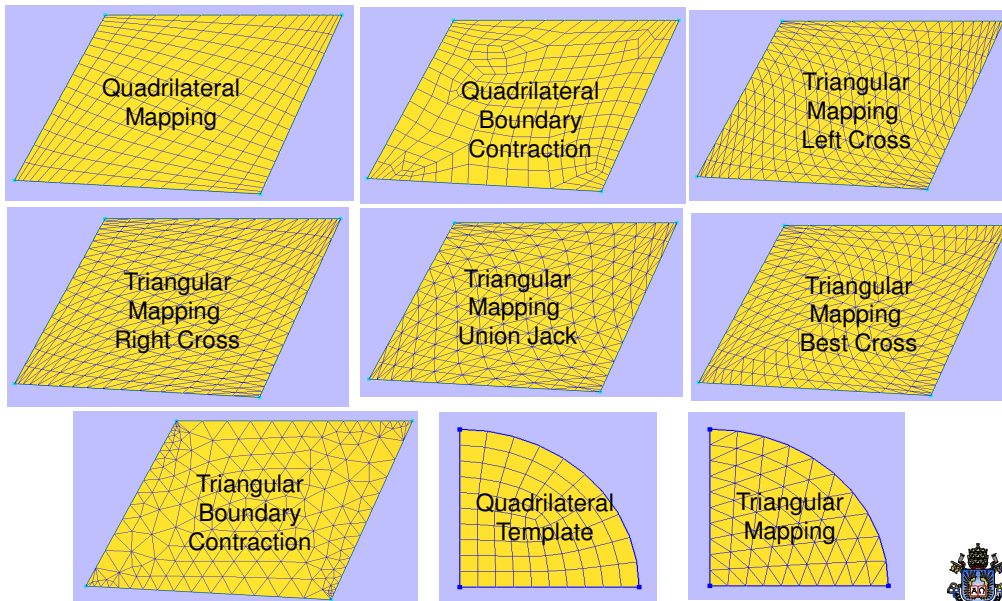


Mtool3D – Modelagem de subsuperfície

Modelo complexo sem superfícies fictícias para decomposição de domínios – malhas de tetraedros.

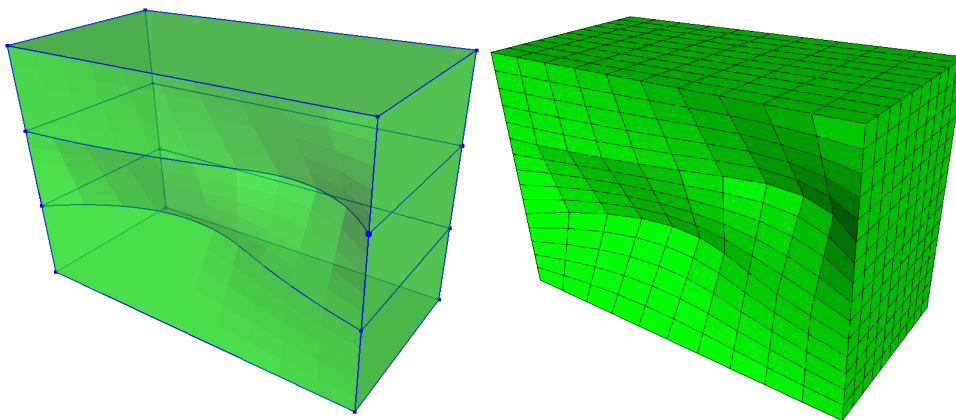


Mtool3D – Algoritmos de geração de malhas de superfície



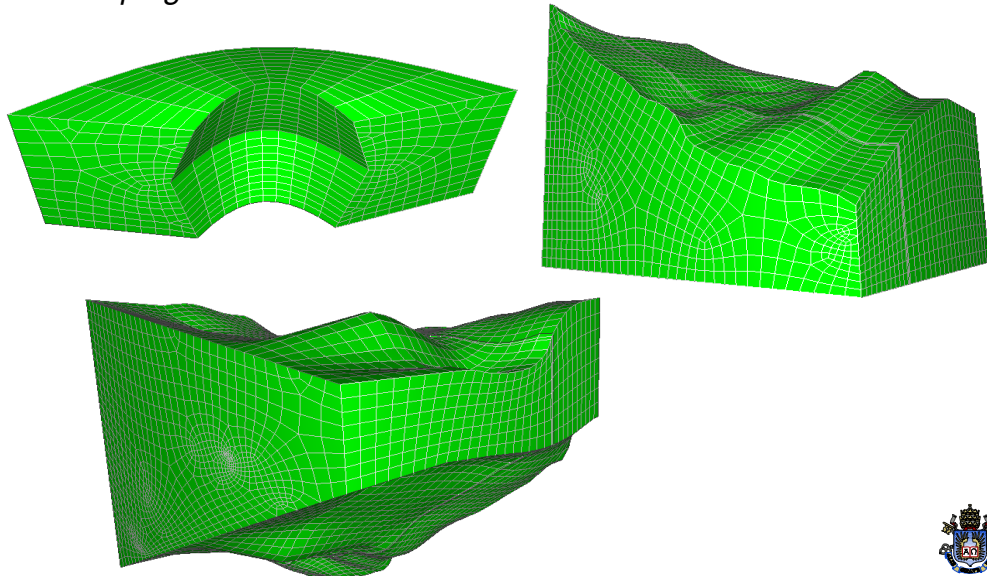
Mtool3D – Geração de malhas estruturadas de volume

- Mapeamento 3D:
 - Múltiplas superfícies na fronteira do volume
 - Domínio convexo ou côncavo



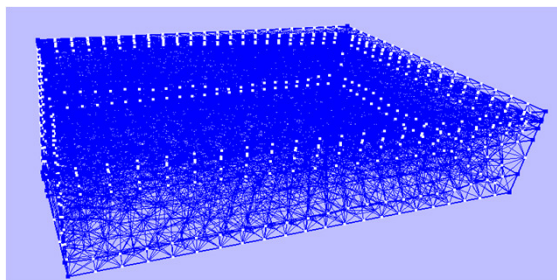
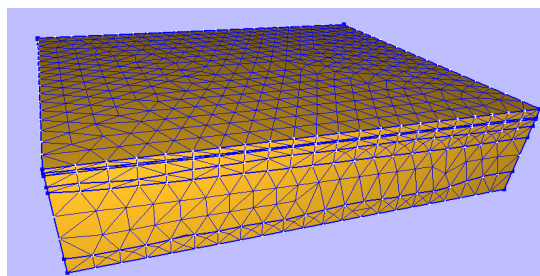
Mtool3D – Geração de malhas estruturadas de volume

- *Sweeping:*



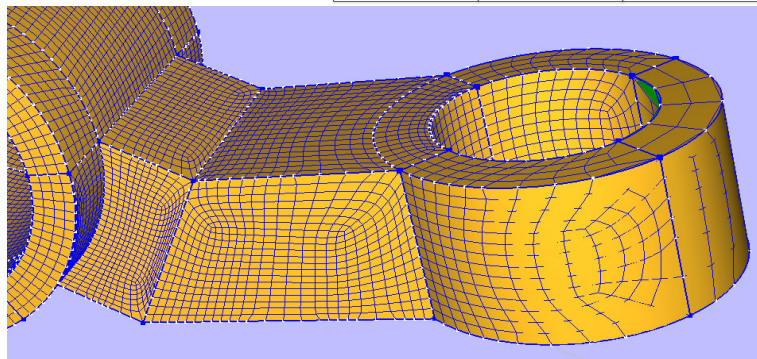
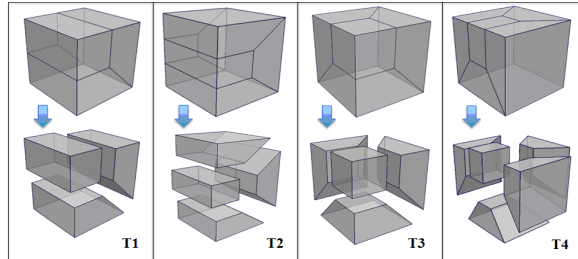
Mtool3D – Geração de malhas não estruturadas de volume

- Malhas de tetraedros em domínios arbitrários:

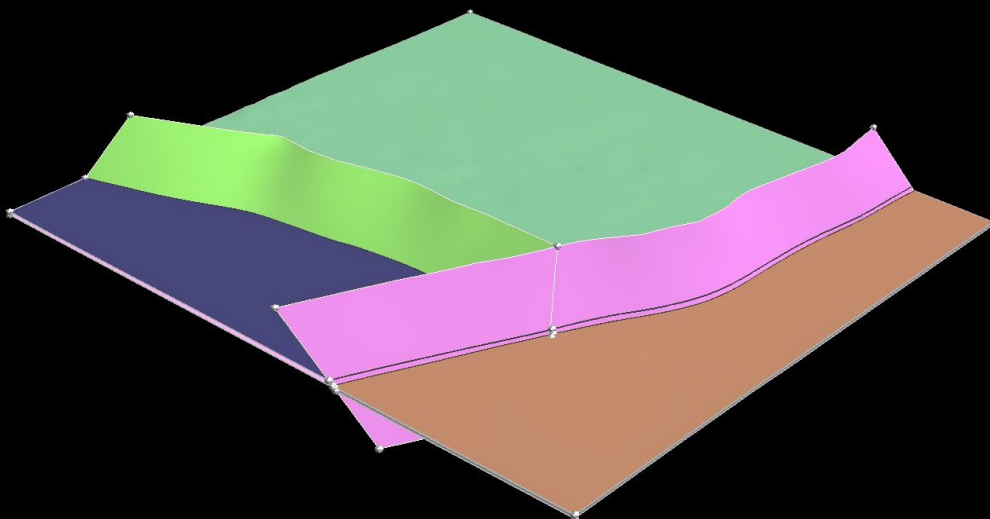


Mtool3D – Geração de malhas estruturadas de volume

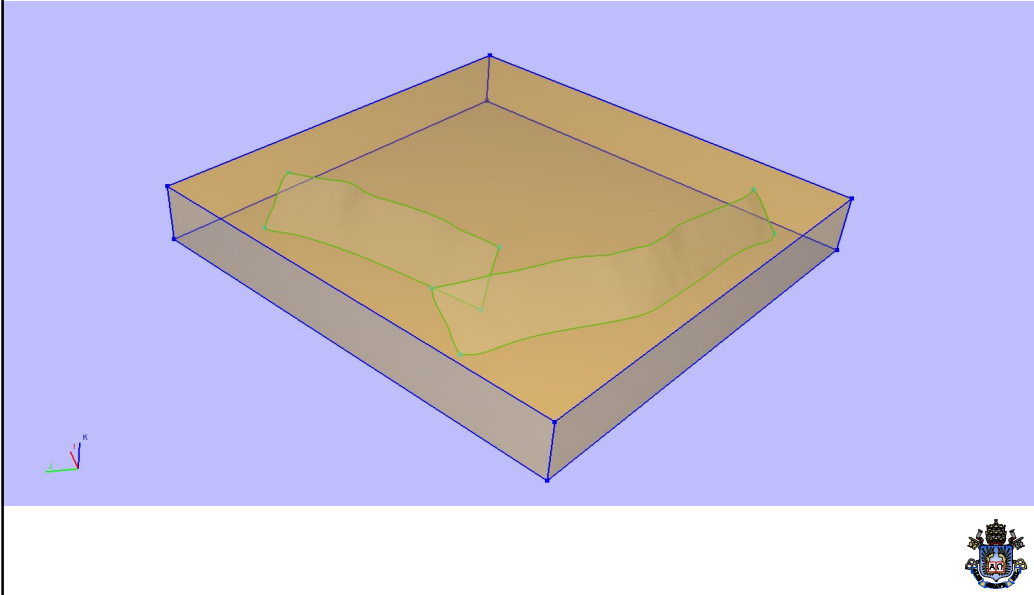
- Em desenvolvimento: hexahedral-template
- Decomposição automática do domínio



Estudo de caso: modelo de subsuperfície com 2 falhas



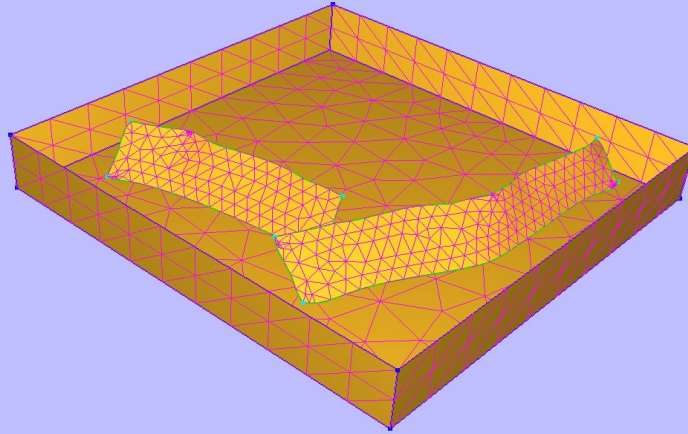
Falhas geológicas originais e caixa envolvente



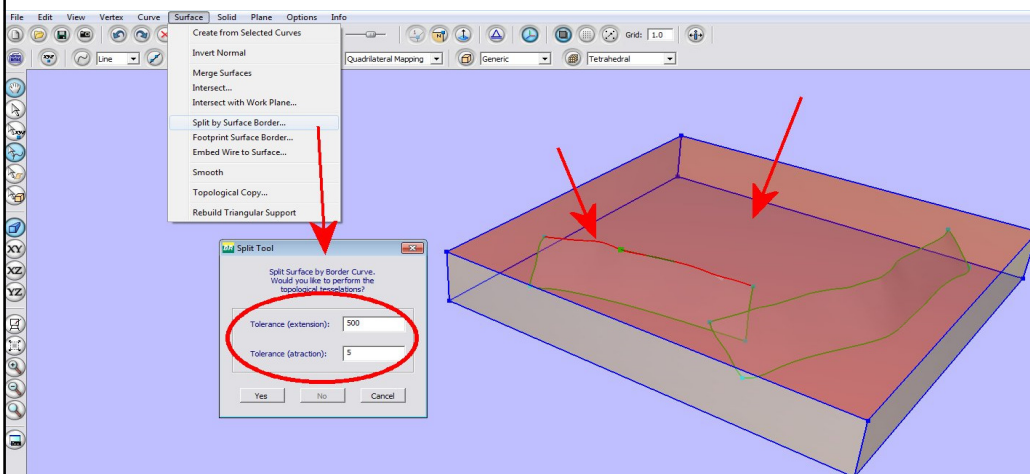
Reconstrução das triangulações de suporte



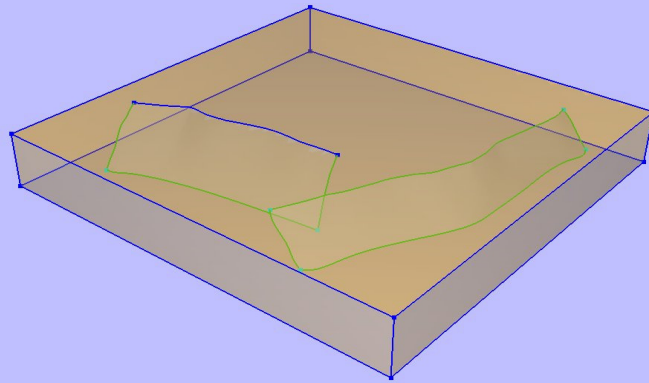
Reconstrução das triangulações de suporte



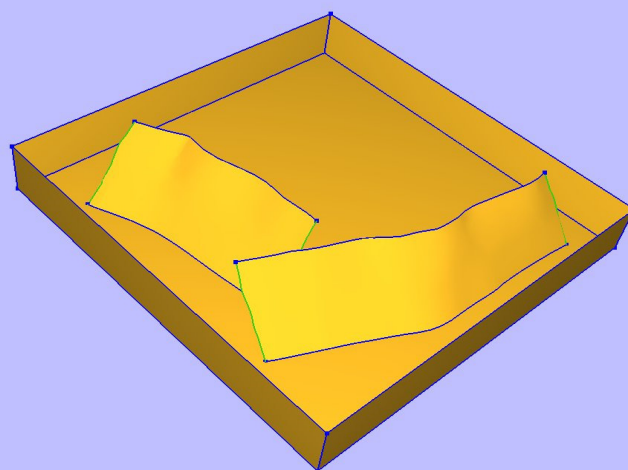
Split surface by surface border



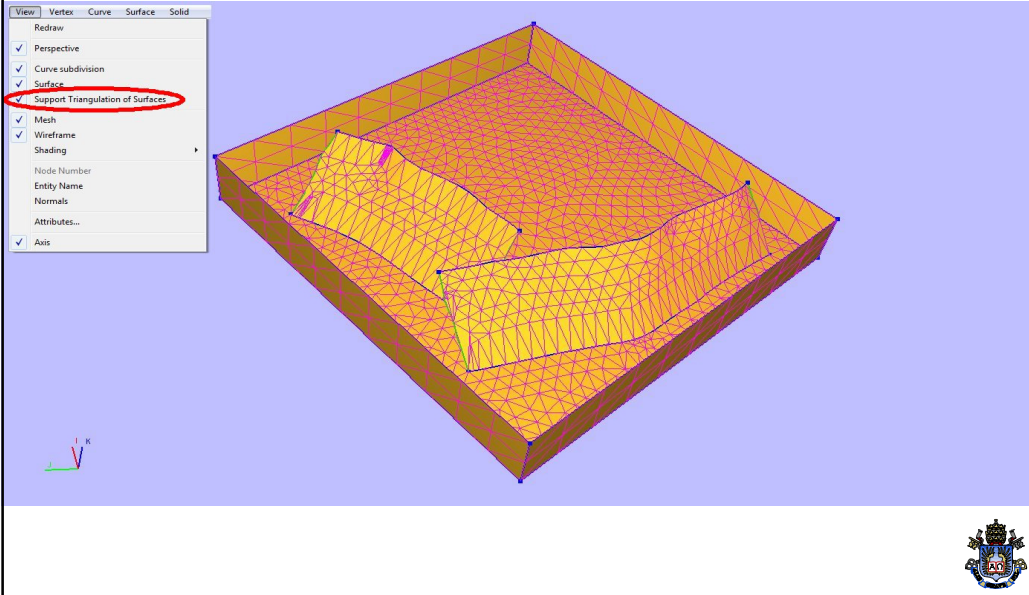
Surface split by extended surface border



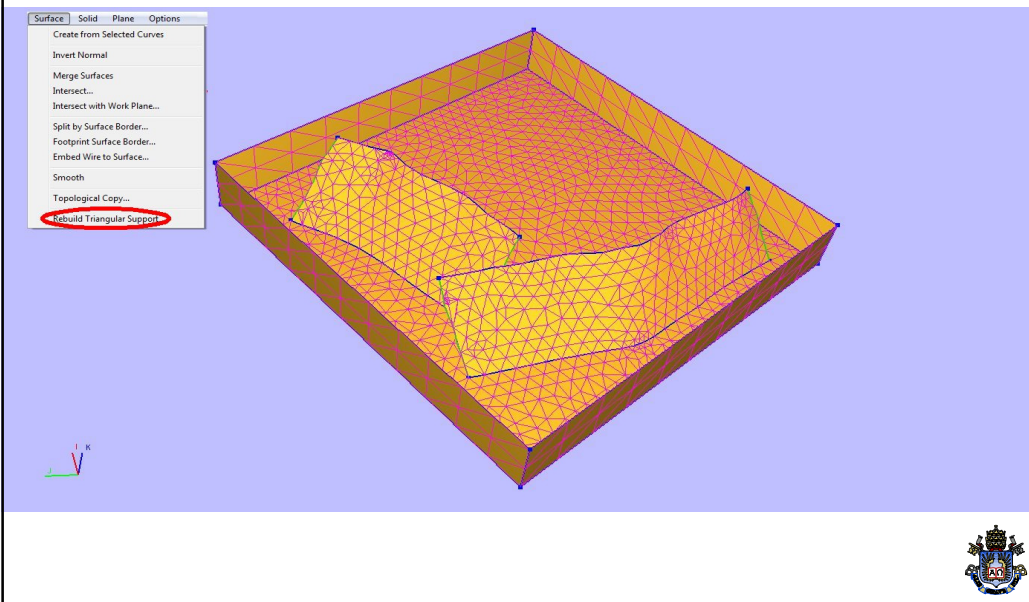
Split by surface border: fault extensions



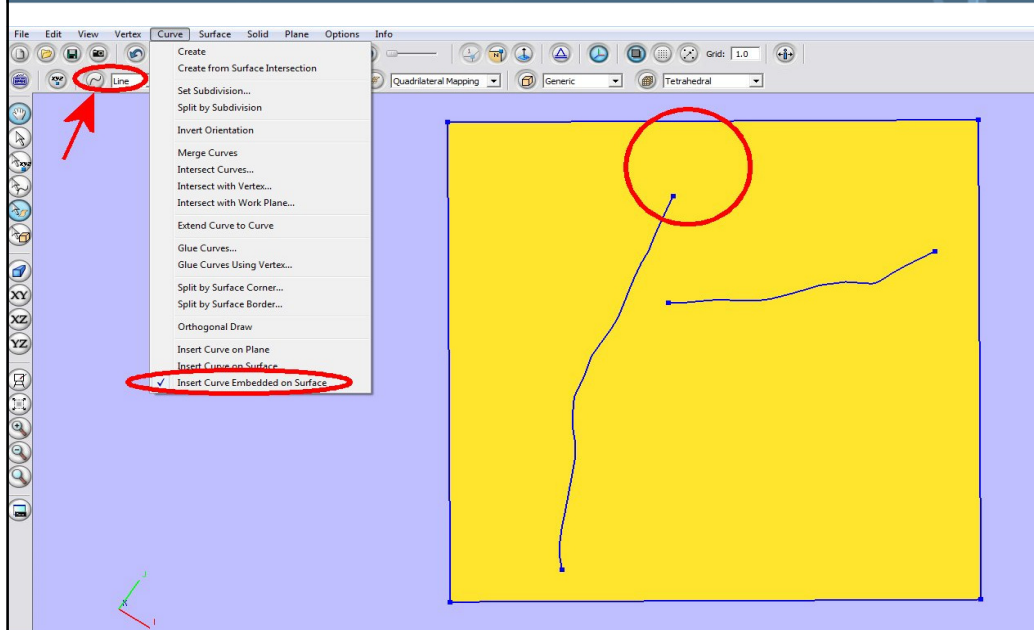
Triangulação de suporte das falhas estendidas



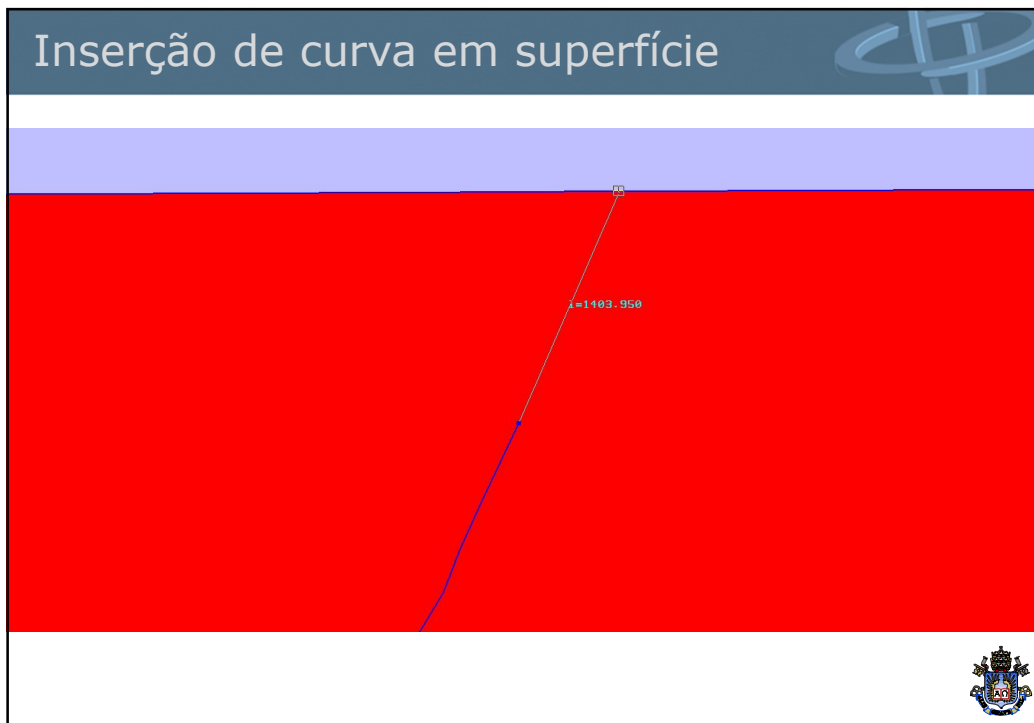
Reconstrução das triangulações de suporte



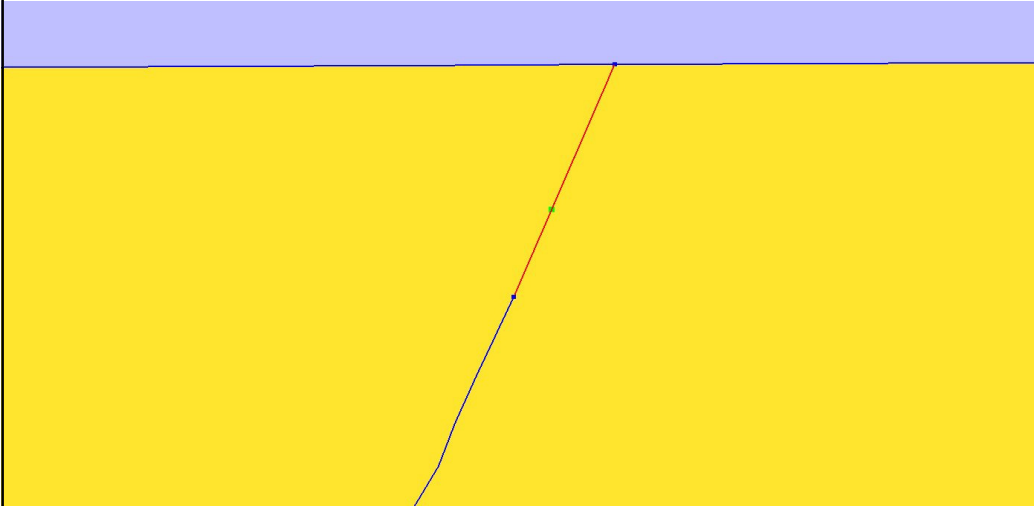
Inserção de curva em superfície



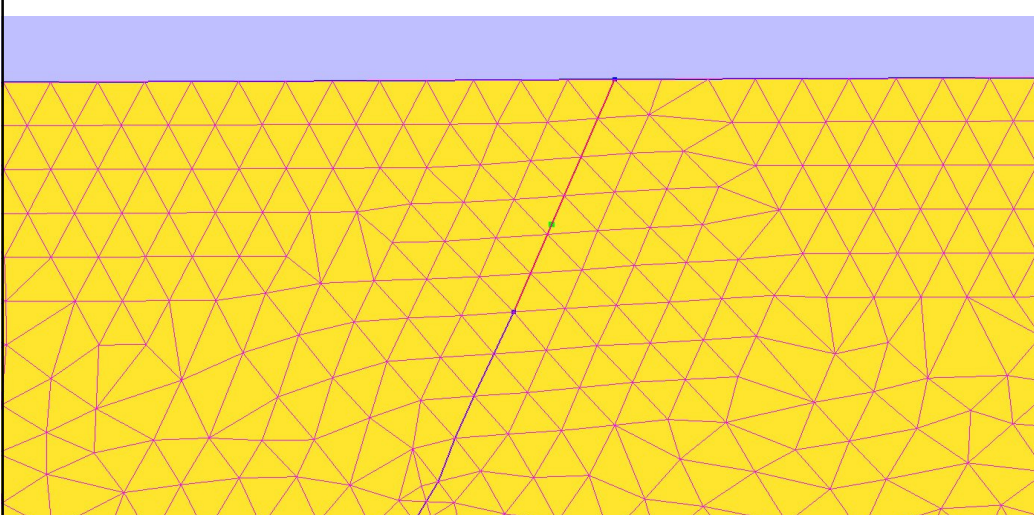
Inserção de curva em superfície



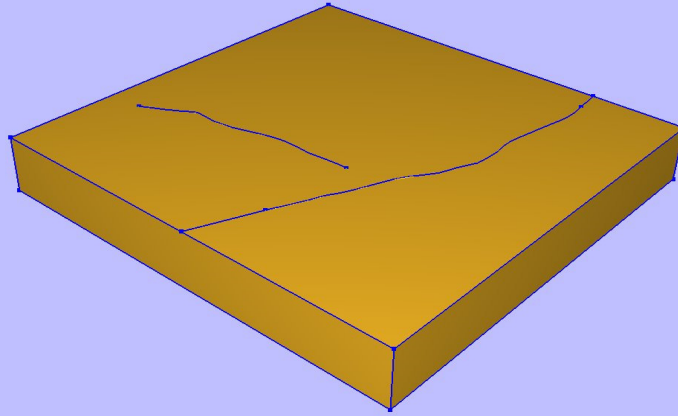
Inserção de curva em superfície



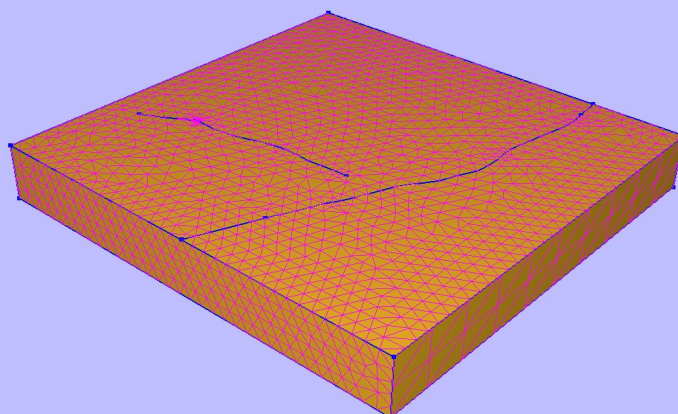
Reconstrução da triangulação de suporte



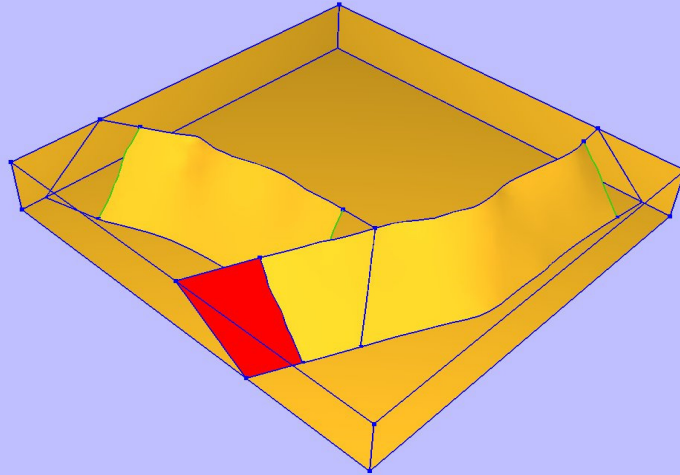
Inserção de curvas em superfície



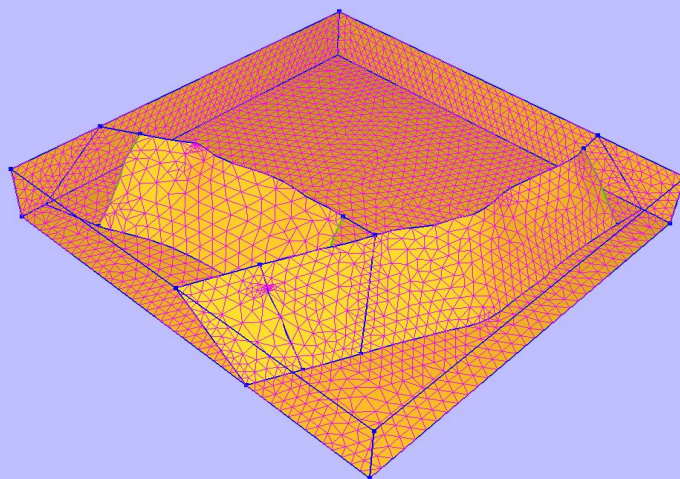
Reconstrução da triangulação de suporte



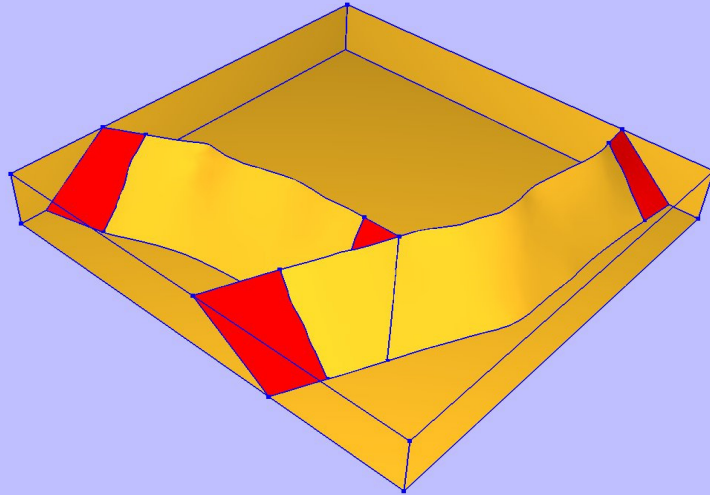
Criação de um *patch* de superfície



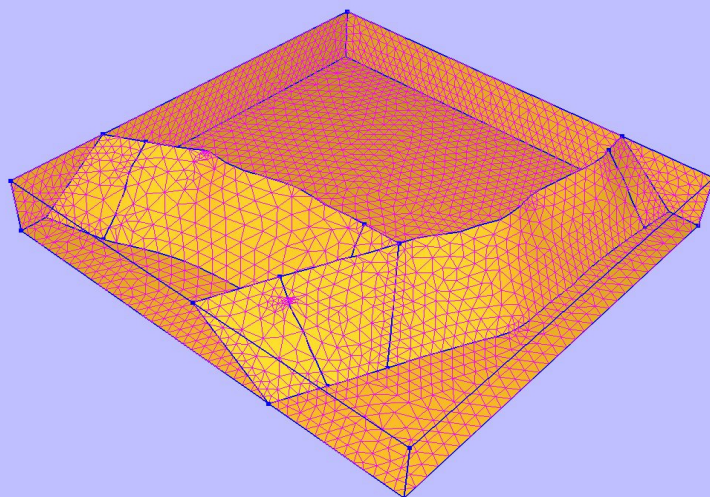
Triangulação de suporte do novo *patch*



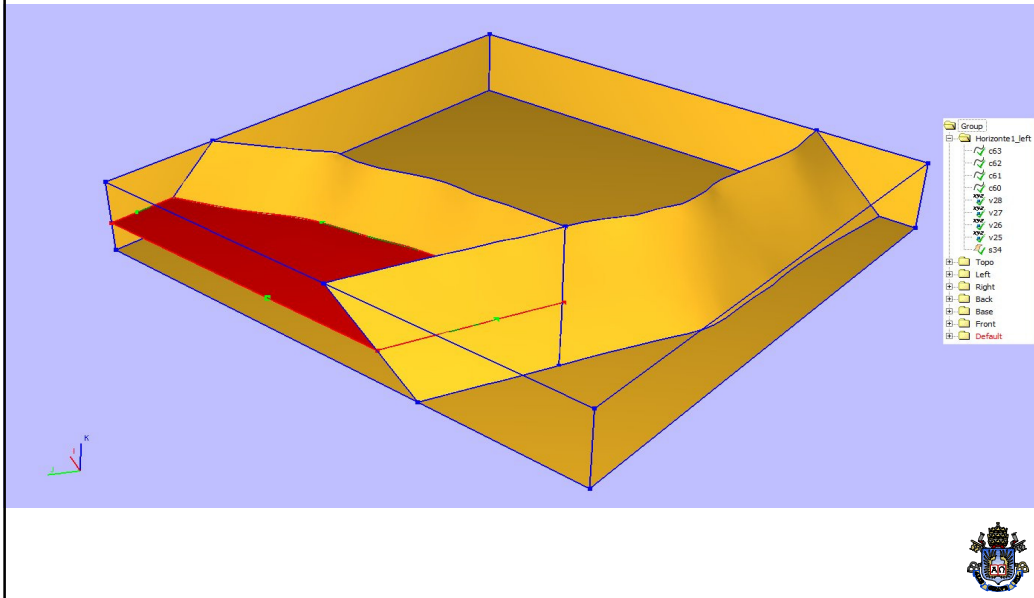
Novos *patches* de superfície



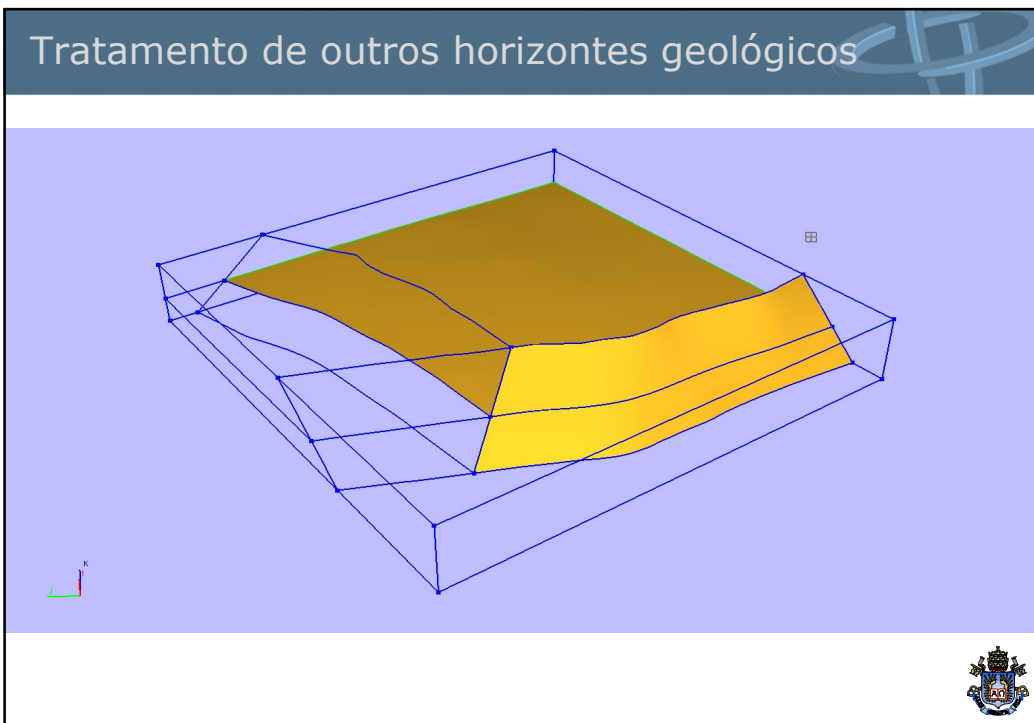
Triangulações de suporte



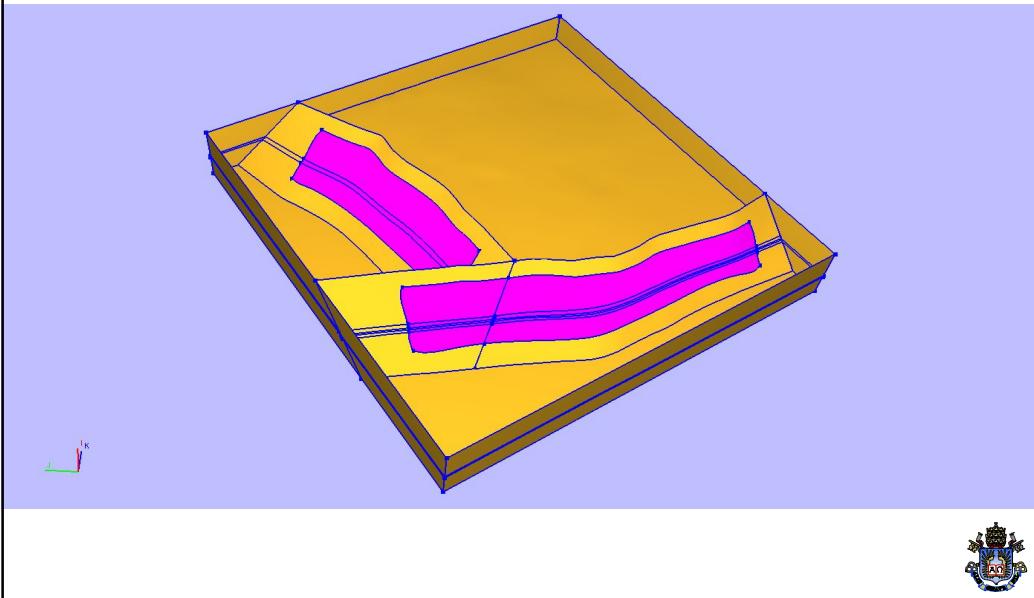
Ajustes de horizontes geológicos



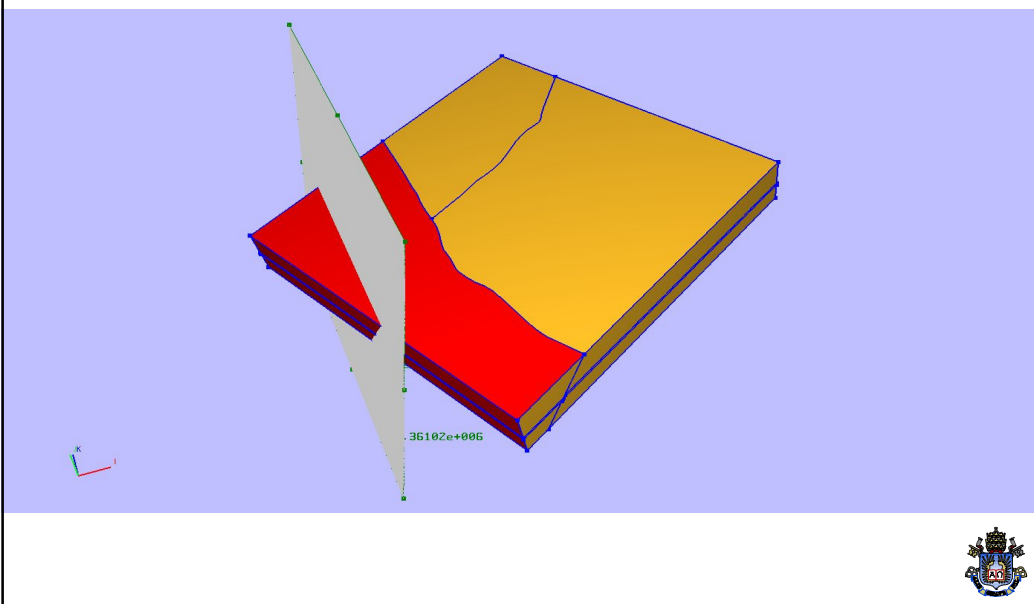
Tratamiento de otros horizontes geológicos



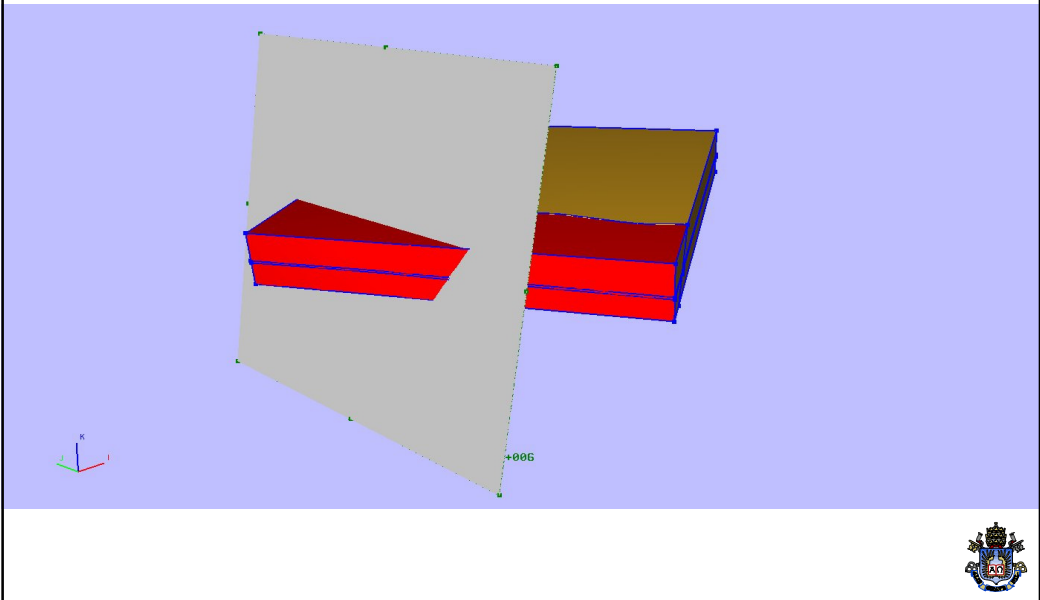
Resgate das geometrias das falhas originais



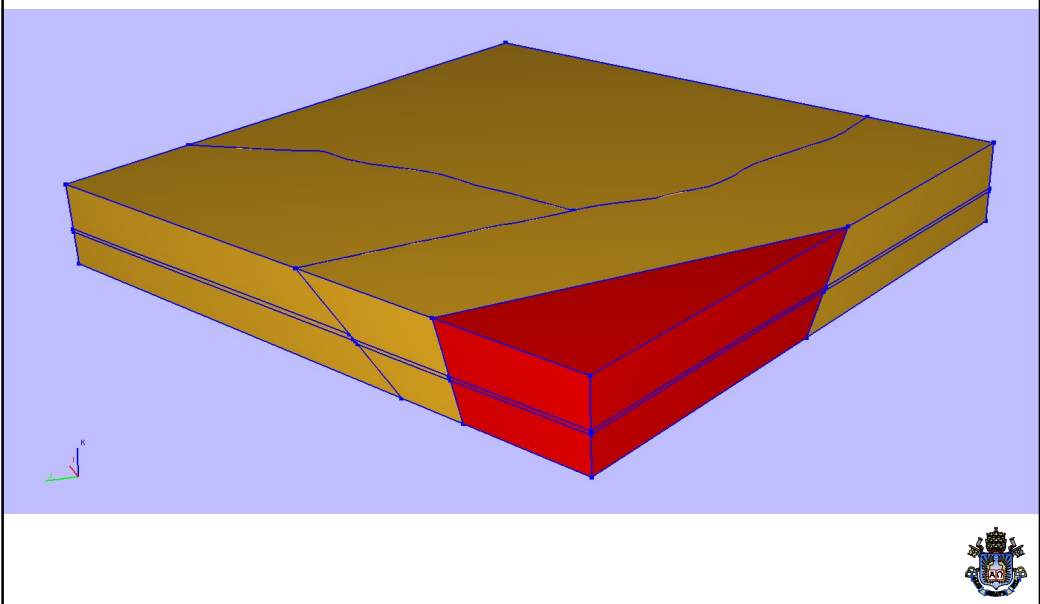
Decomposição de domínio para geração de malha



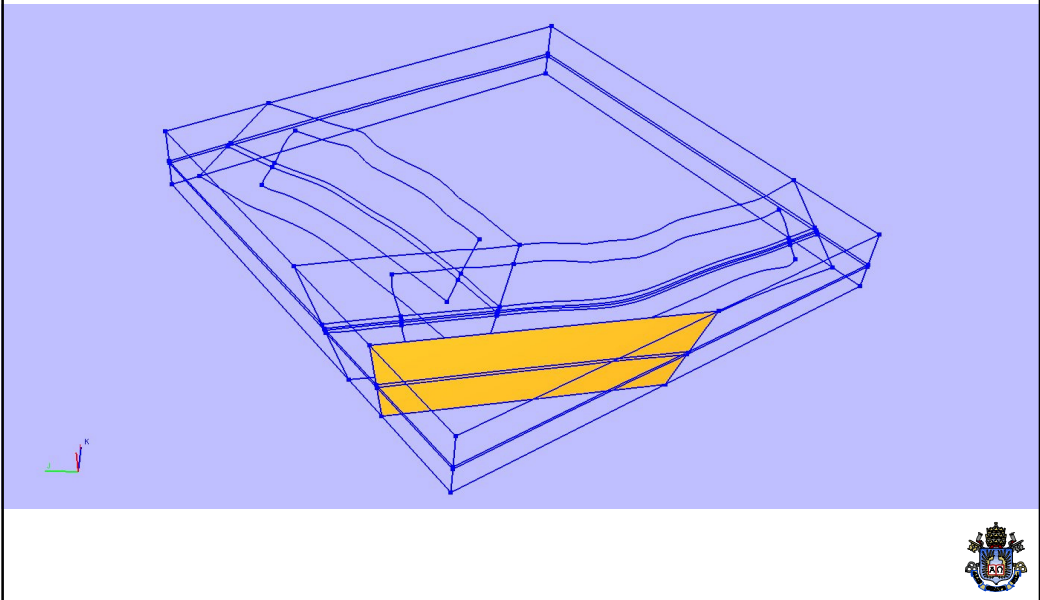
Decomposição de domínio para geração de malha



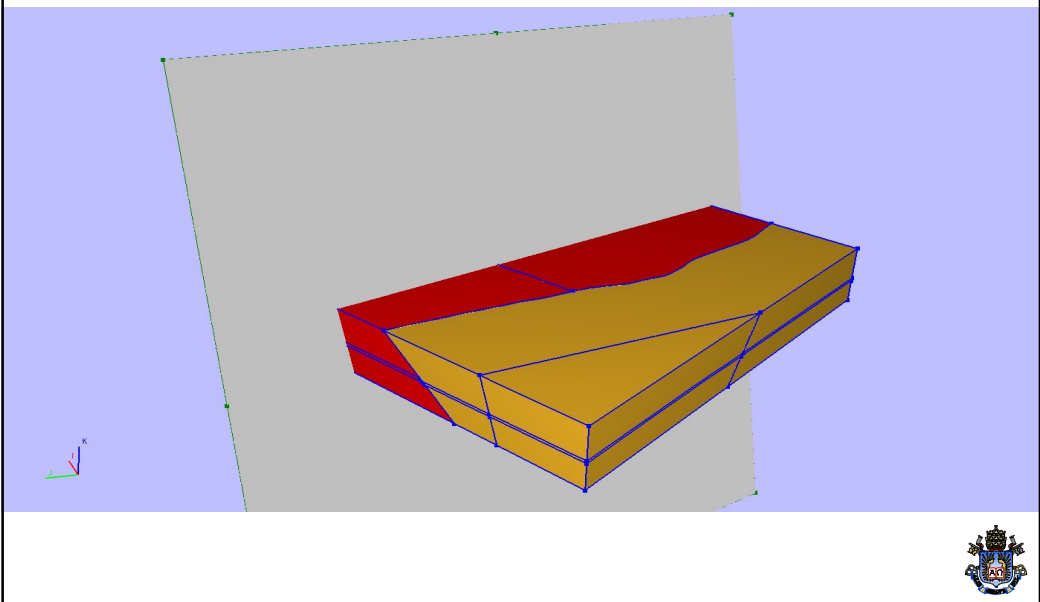
Decomposição de domínio para geração de malha



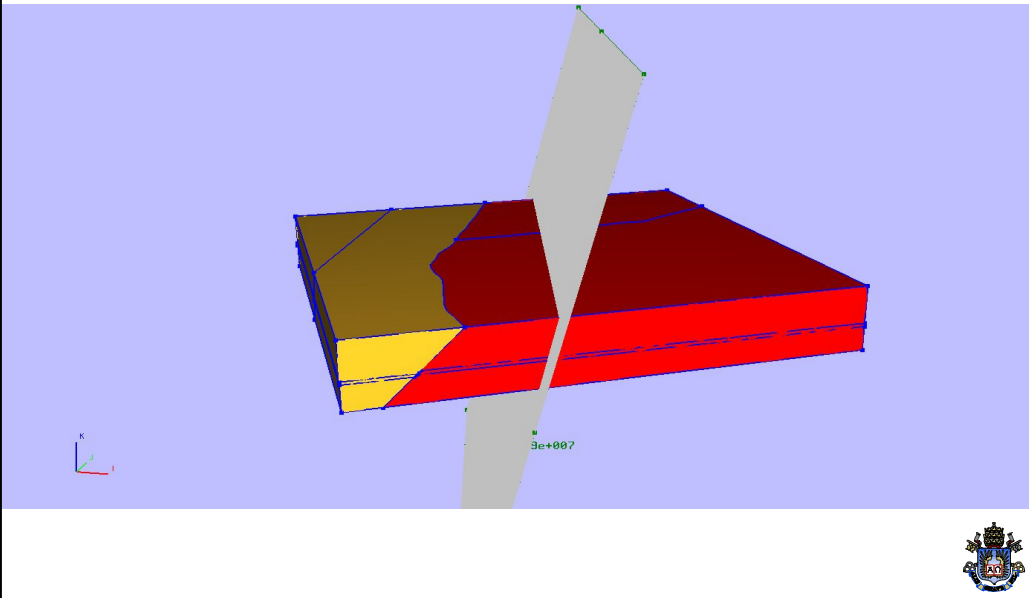
Decomposição de domínio para geração de malha



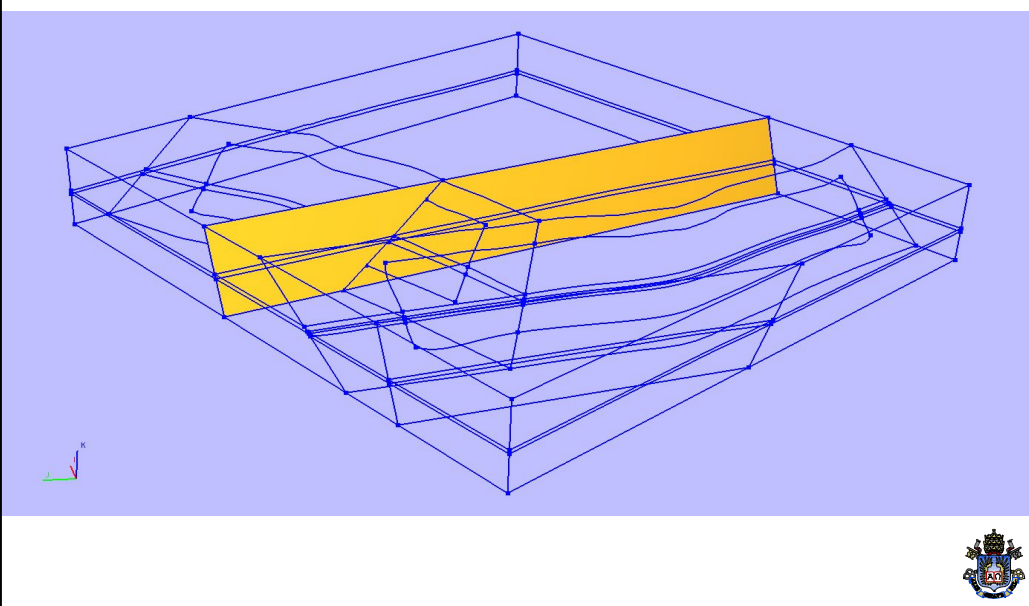
Decomposição de domínio para geração de malha



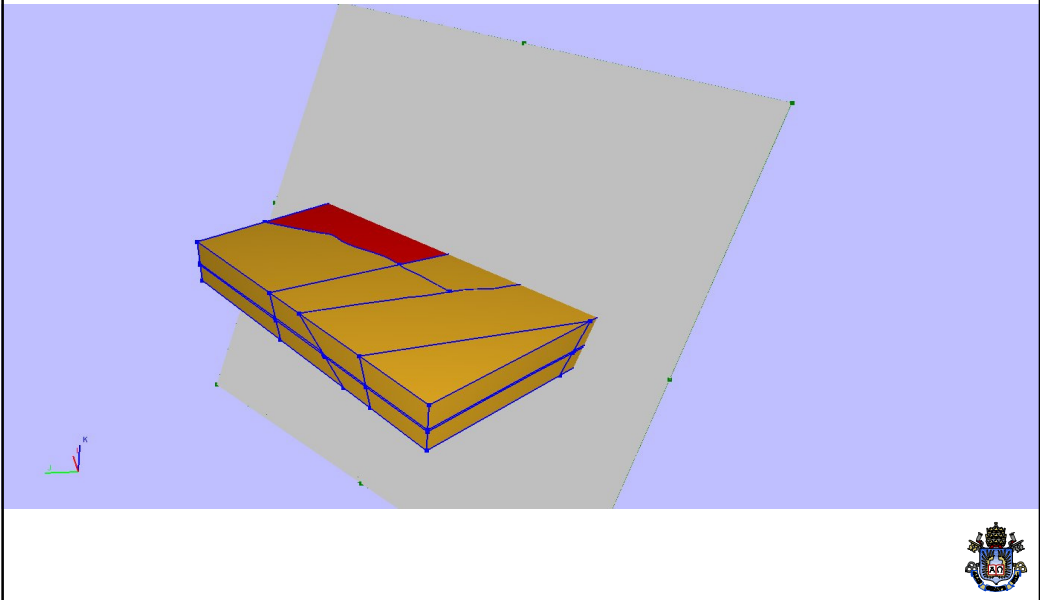
Decomposição de domínio para geração de malha



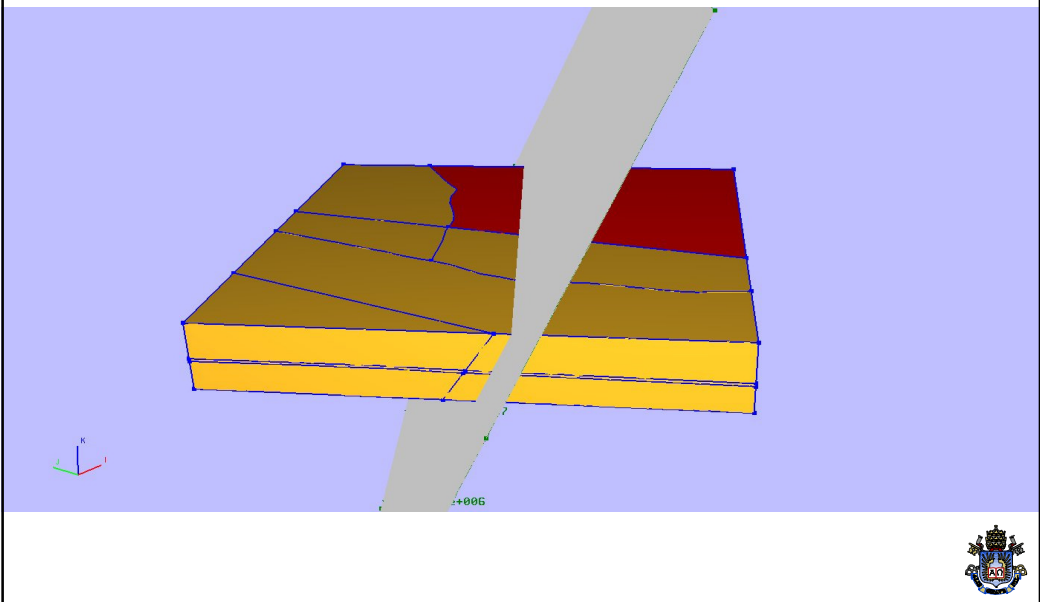
Decomposição de domínio para geração de malha



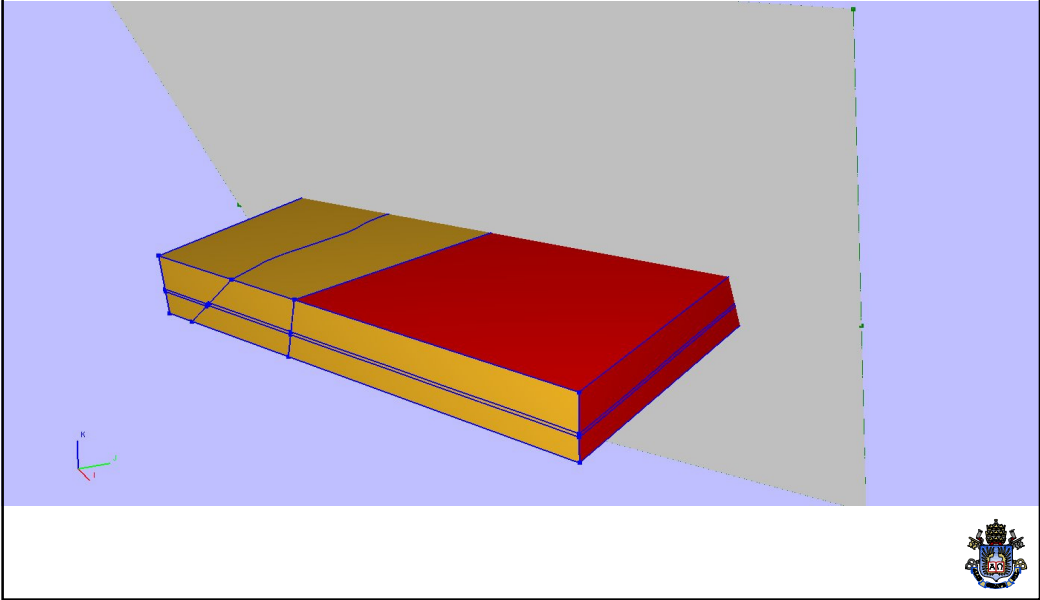
Decomposição de domínio para geração de malha



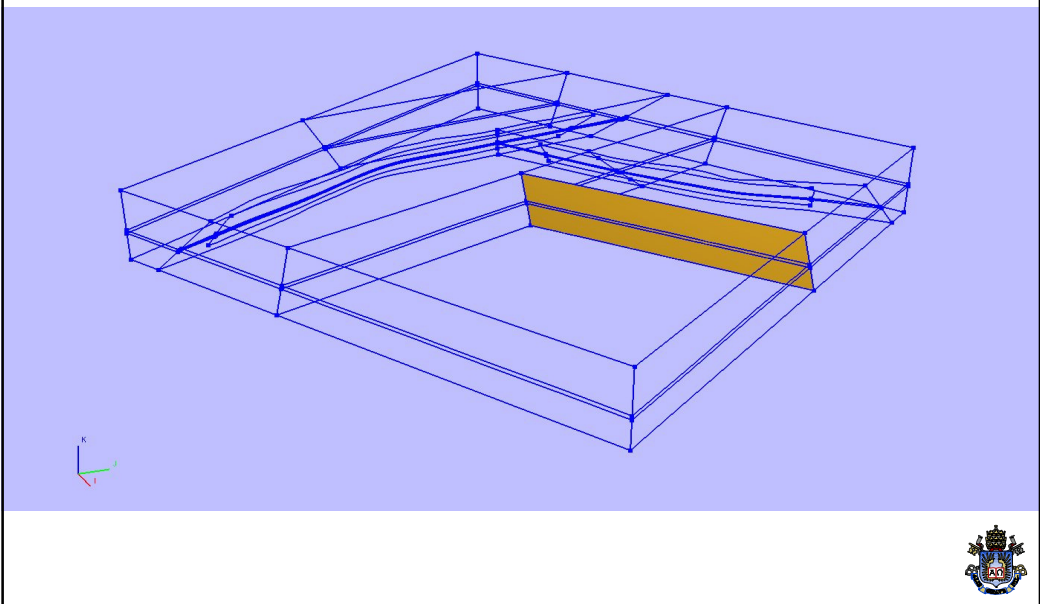
Decomposição de domínio para geração de malha



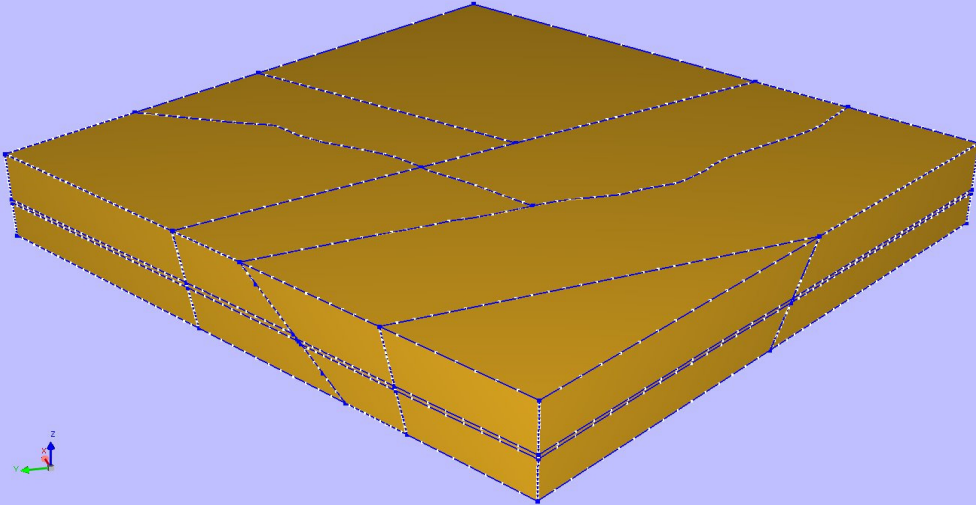
Decomposição de domínio para geração de malha



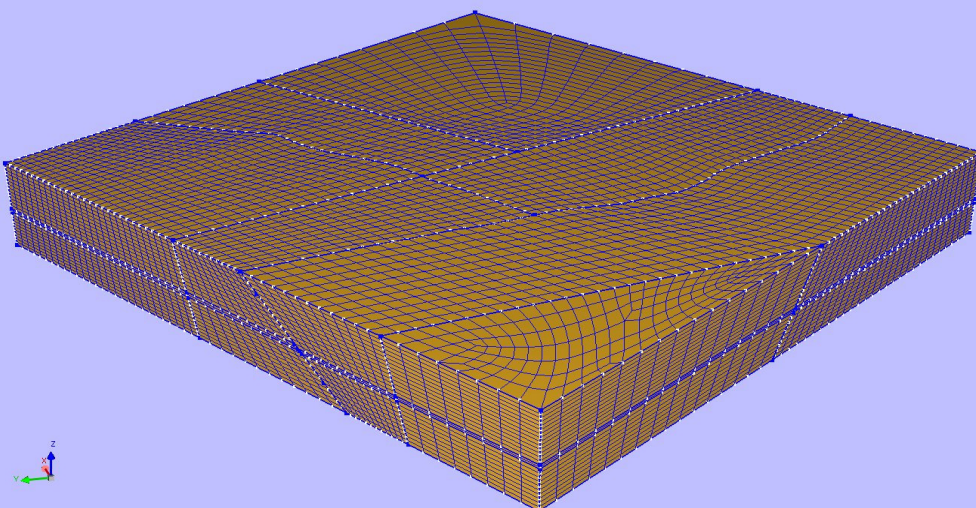
Decomposição de domínio para geração de malha



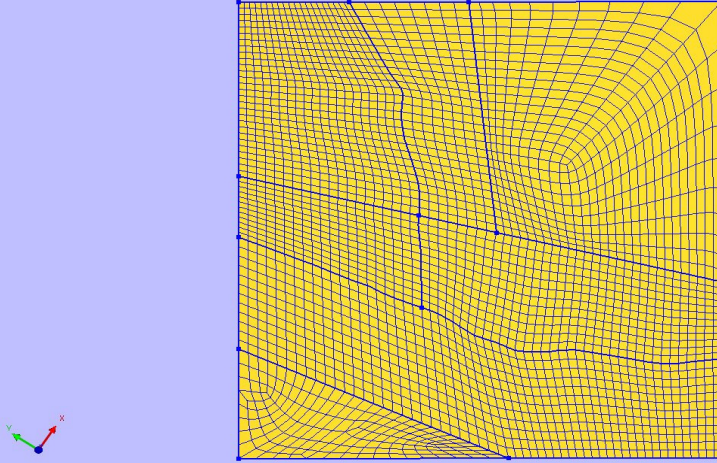
Subdivisão de curvas



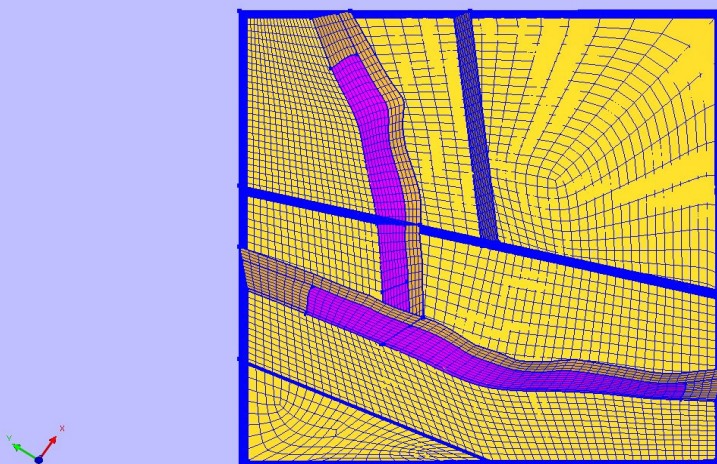
Geração de malhas de superfície



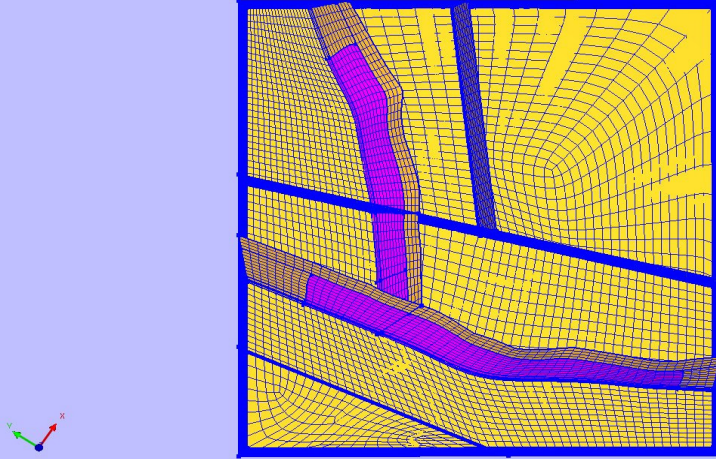
Geração de malhas de superfície



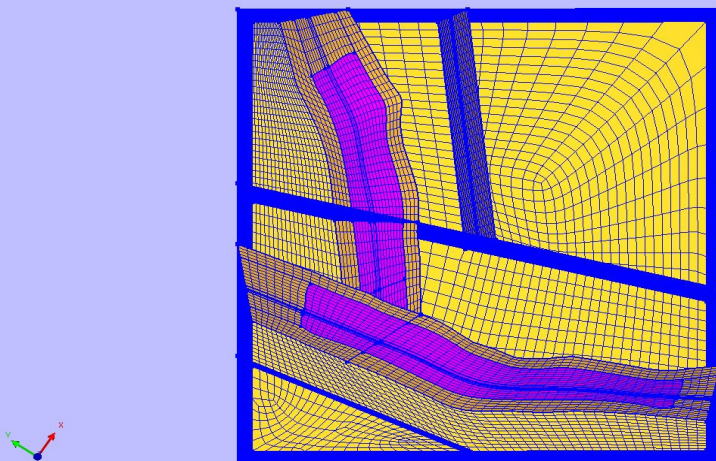
Geração de malhas de superfície



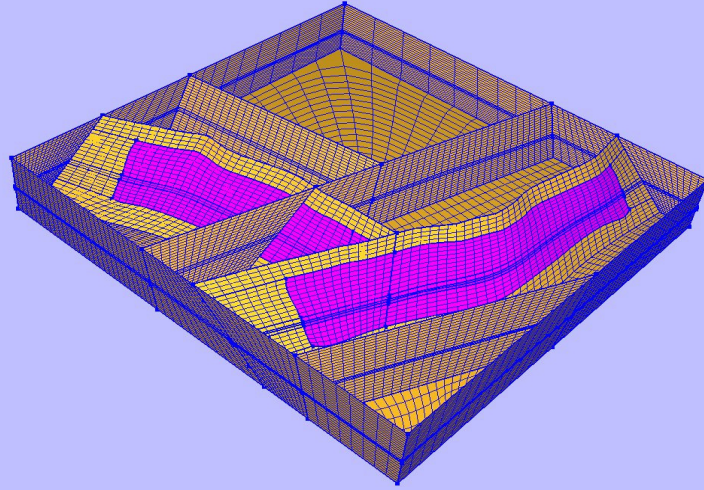
Geração de malhas de superfície



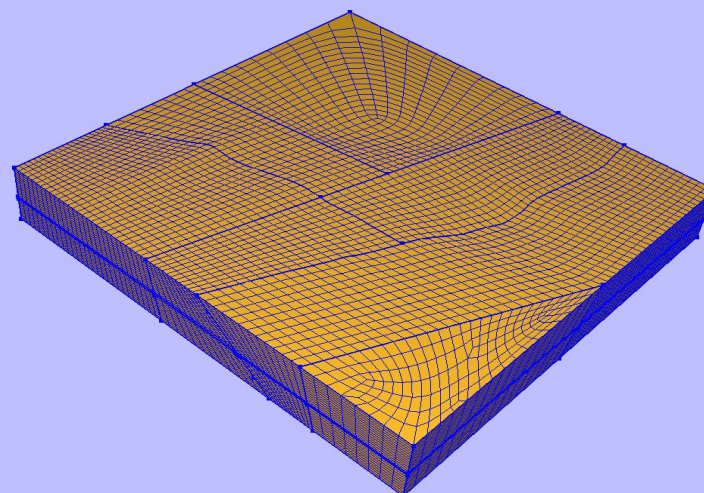
Geração de malhas de superfície



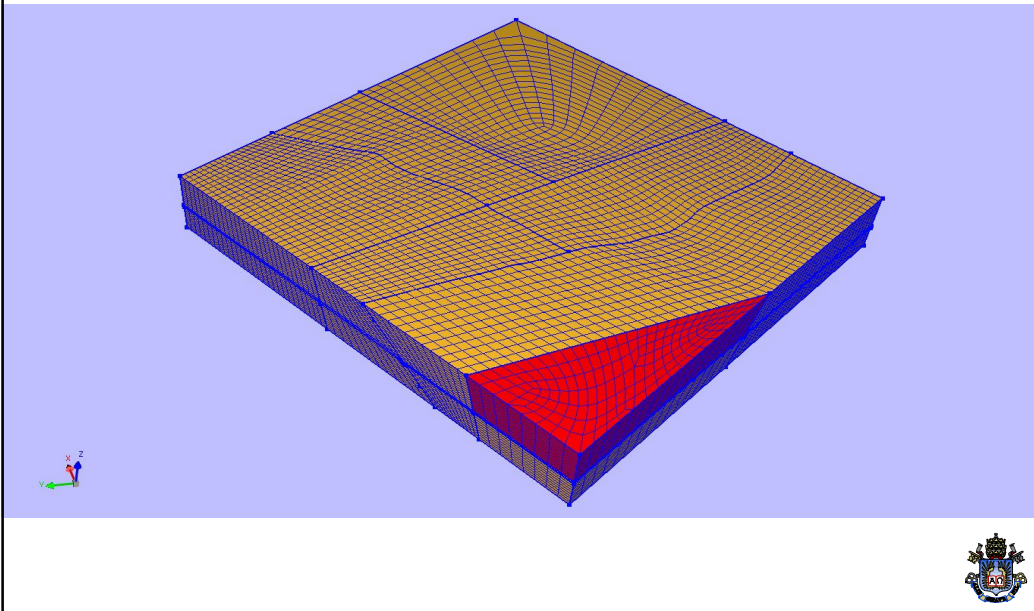
Geração de malhas de superfície



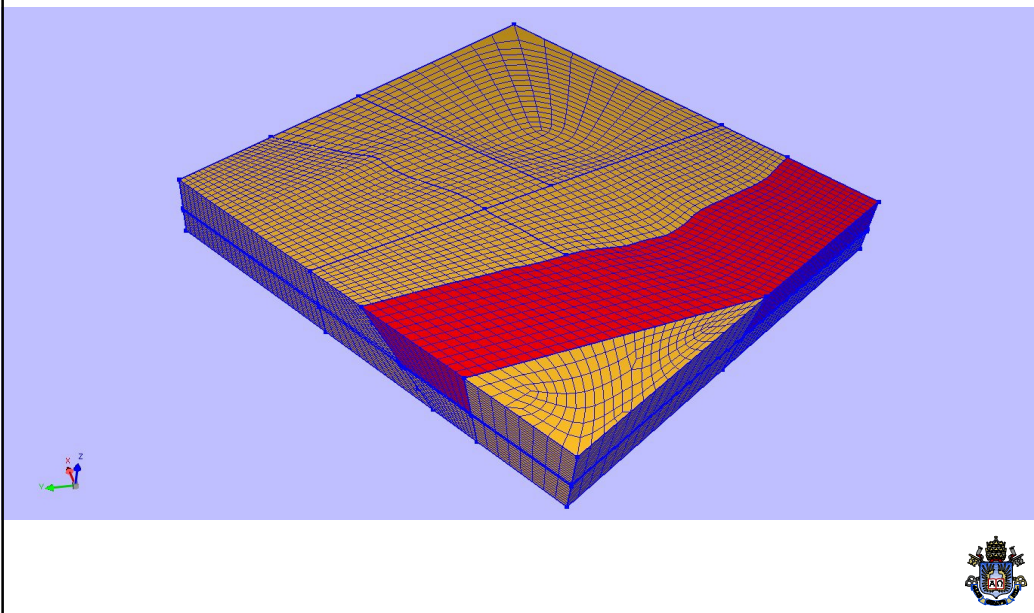
Geração de malhas de superfície



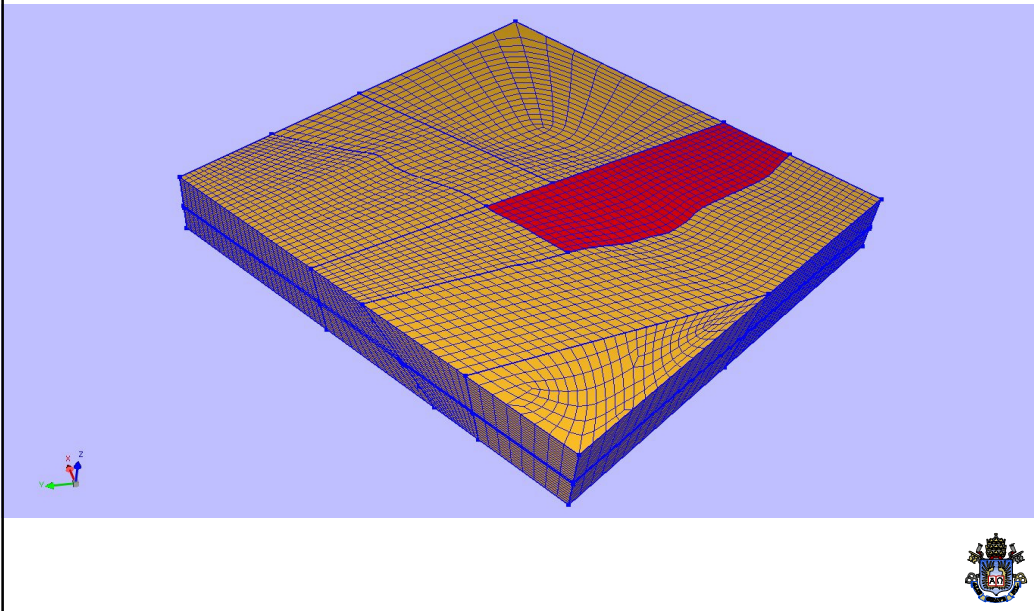
Reconhecimento automático de volumes



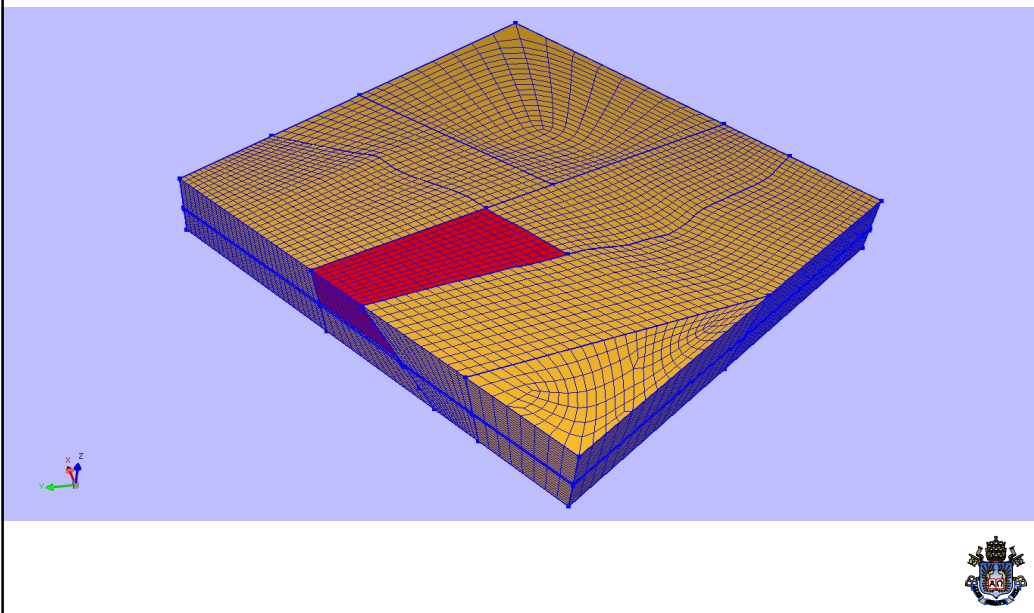
Reconhecimento automático de volumes



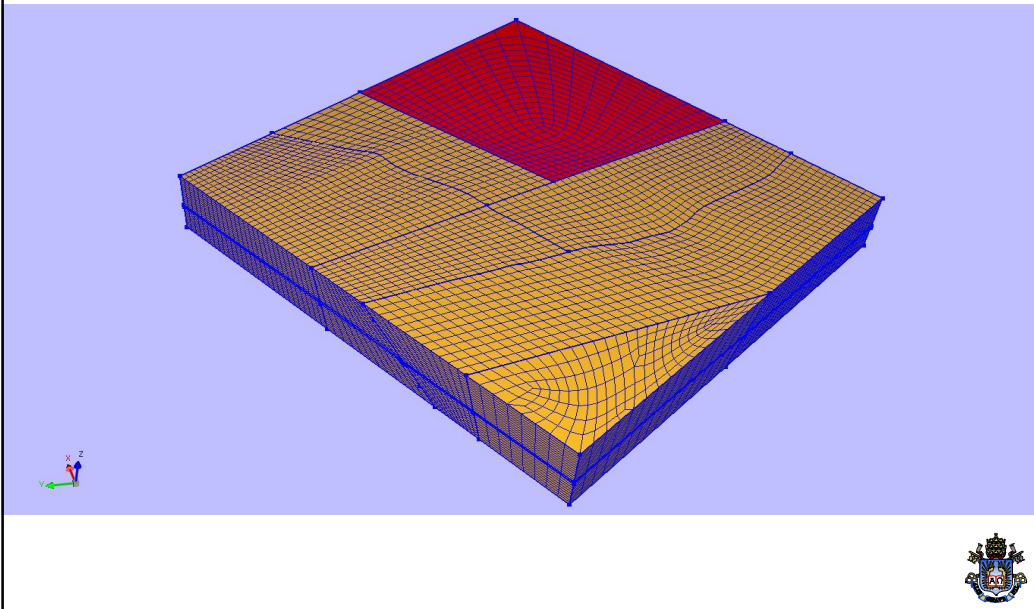
Reconhecimento automático de volumes



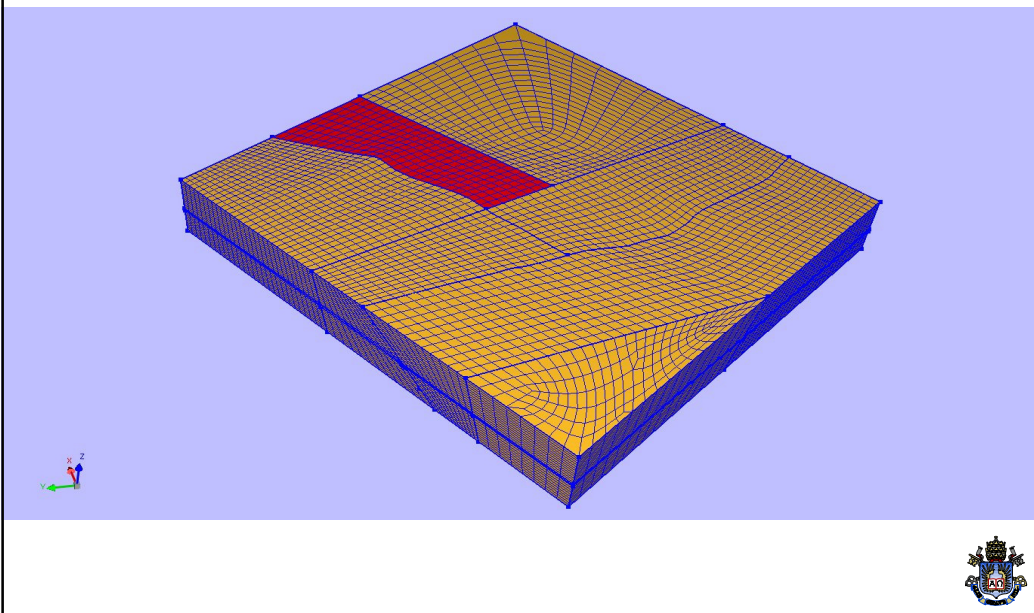
Reconhecimento automático de volumes



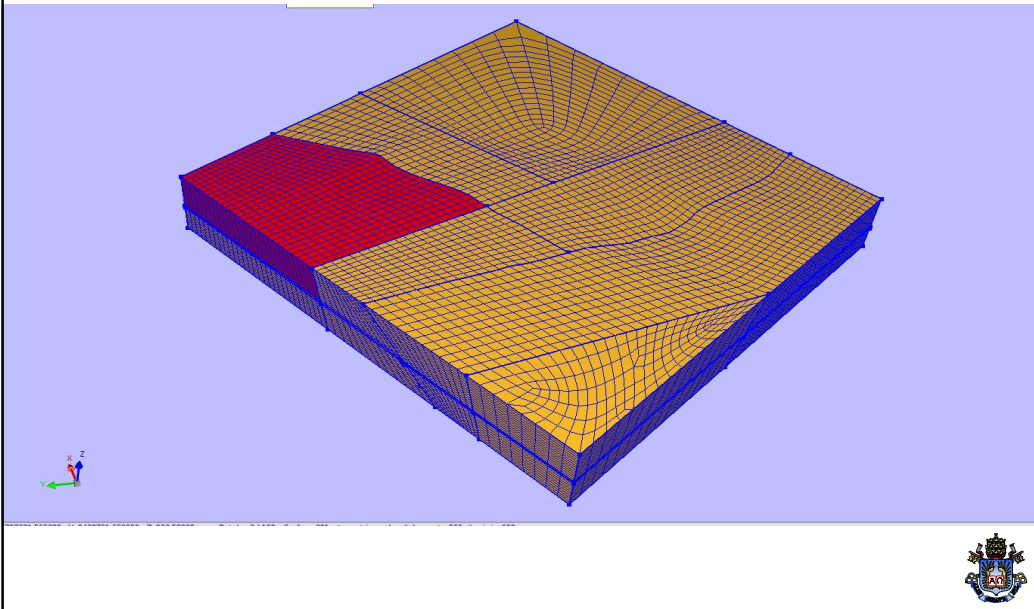
Reconhecimento automático de volumes



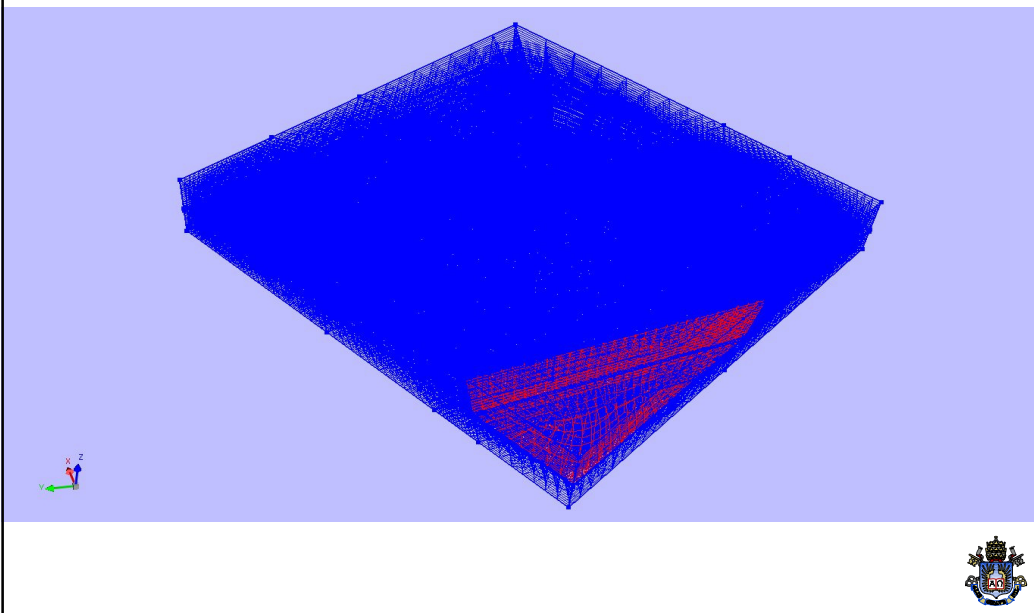
Reconhecimento automático de volumes



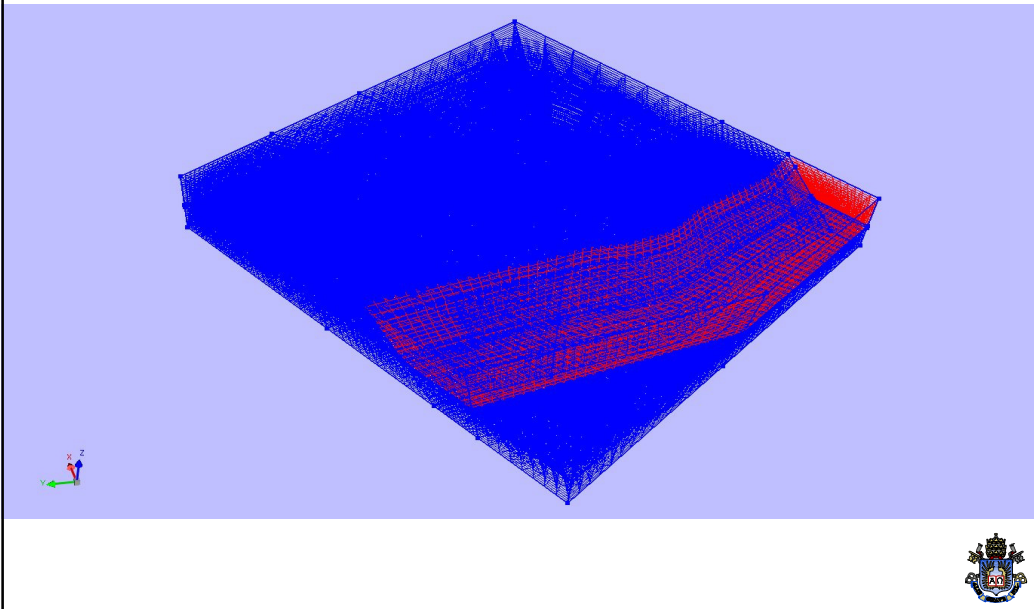
Reconhecimento automático de volumes



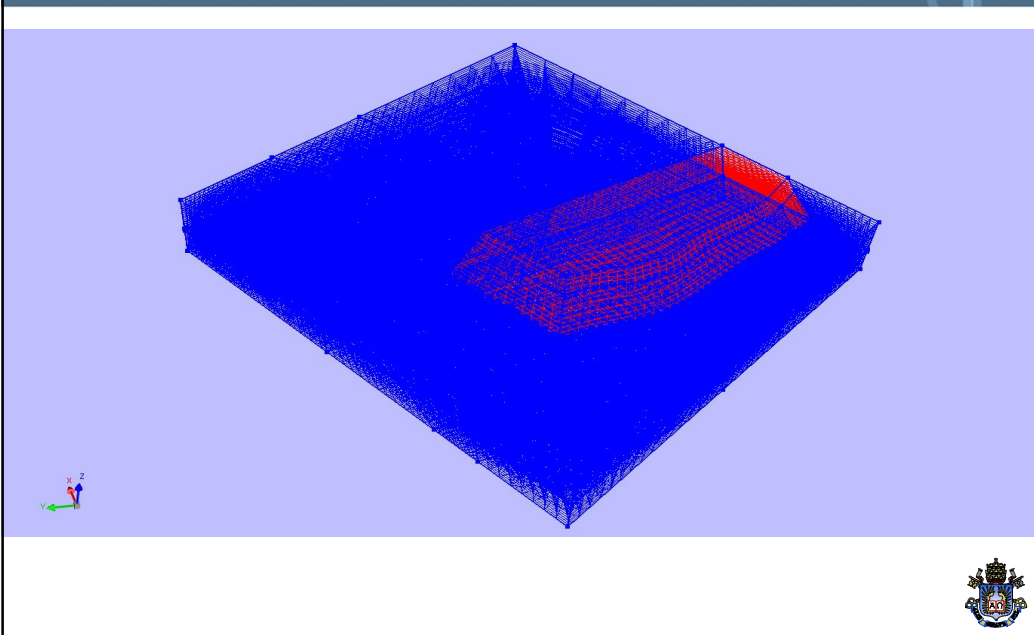
Geração de malha por *sweeping*



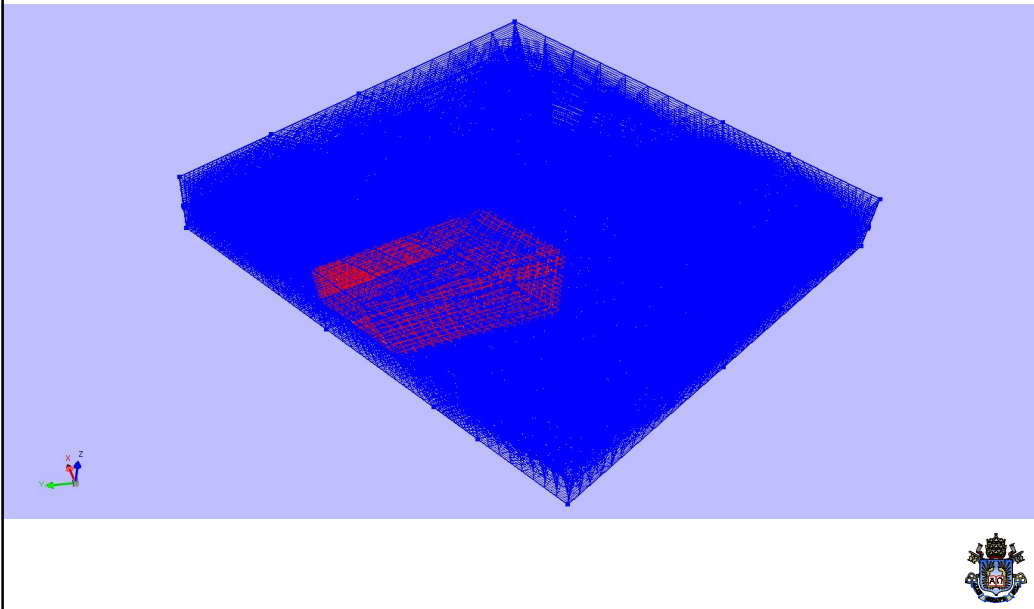
Geração de malha por mapeamento 3D



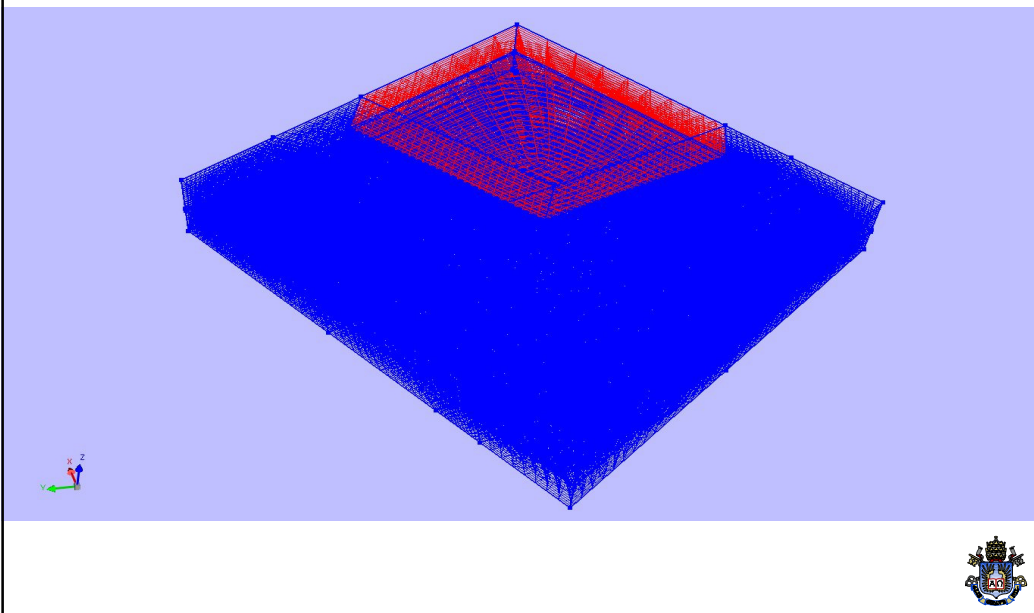
Geração de malha por mapeamento 3D



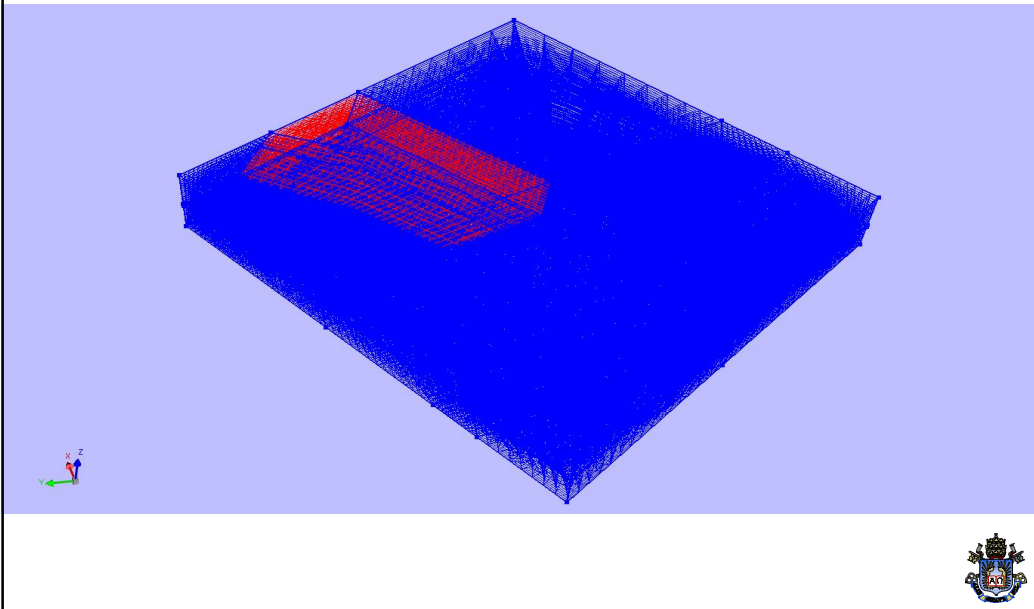
Geração de malha por mapeamento 3D



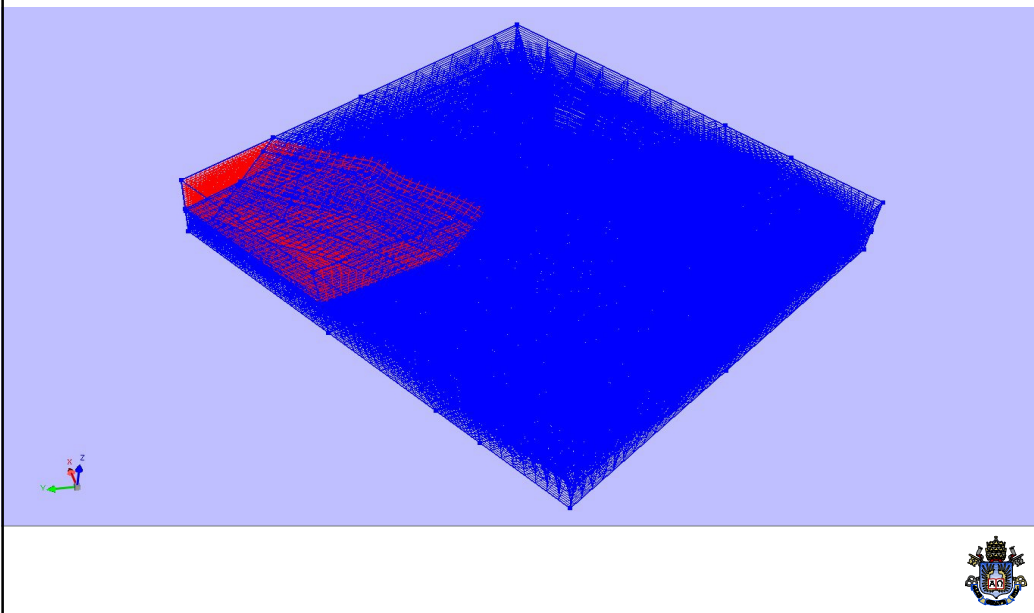
Geração de malha por *sweeping*



Geração de malha por mapeamento 3D

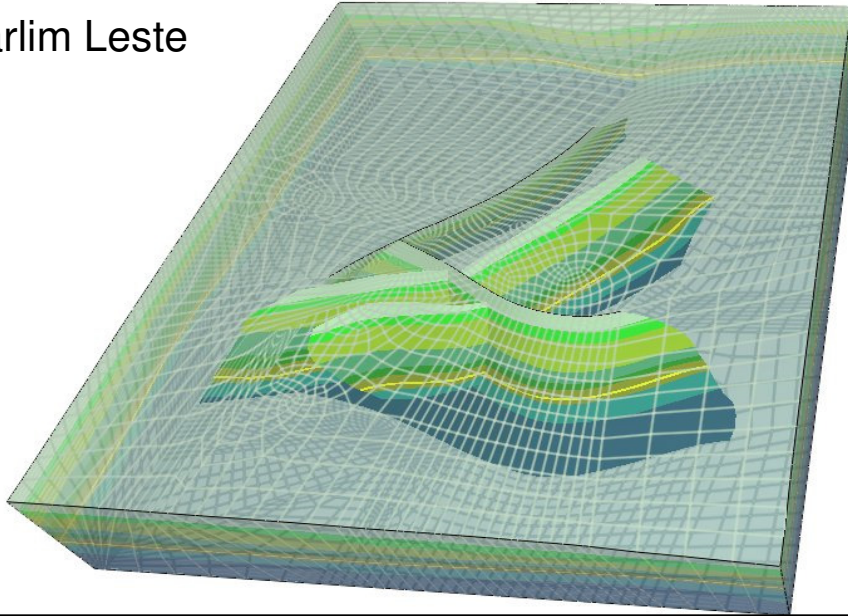


Geração de malha por mapeamento 3D

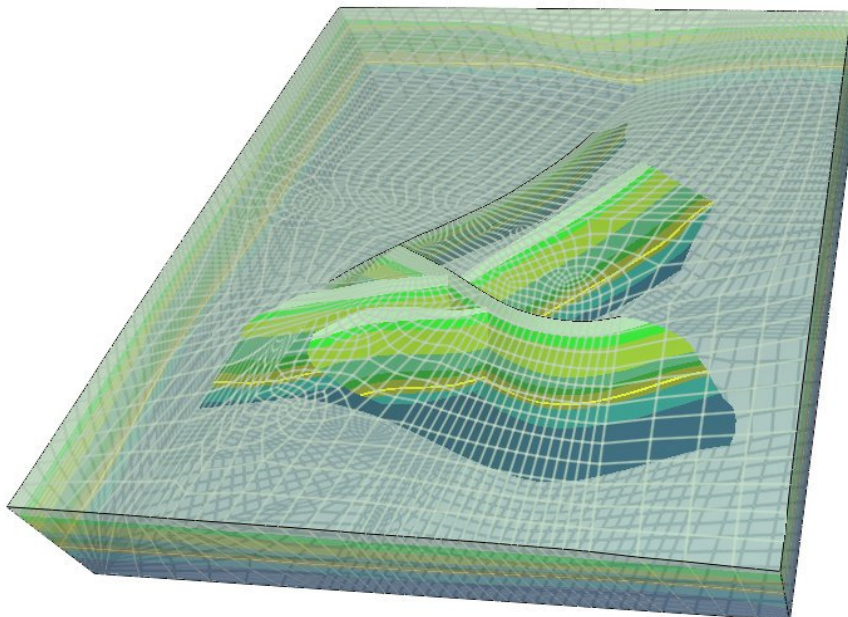


Consolidação final do modelo de EF

Marlim Leste

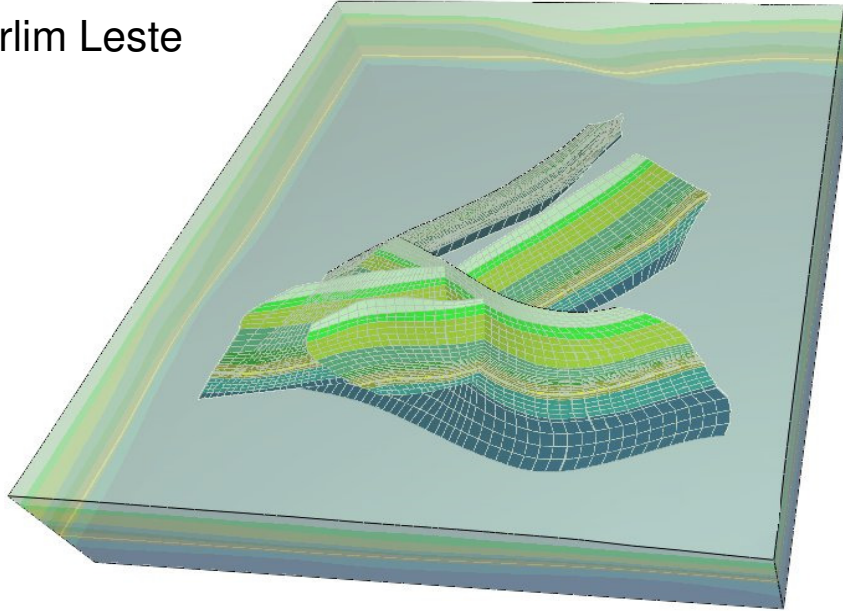


Consolidação final do modelo de EF

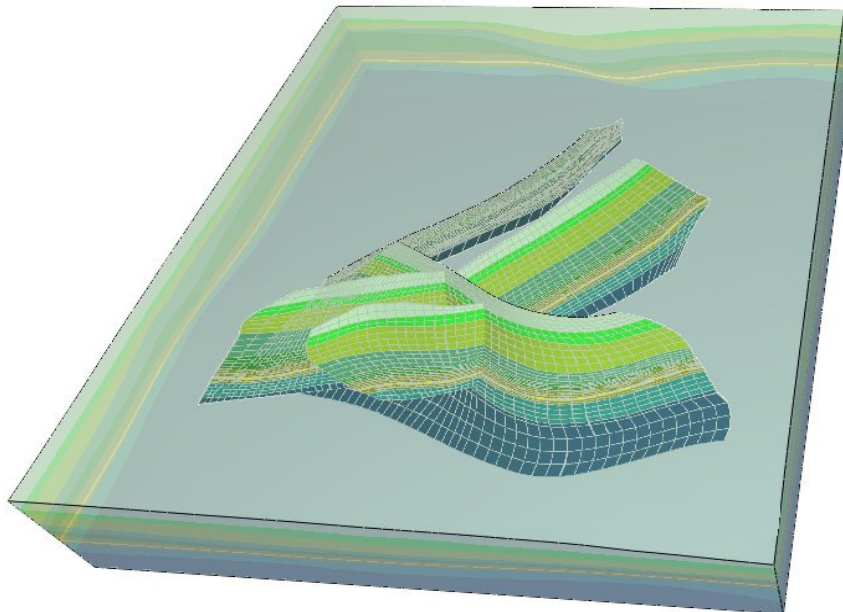


Consolidação final do modelo de EF

Marlim Leste



Consolidação final do modelo de EF



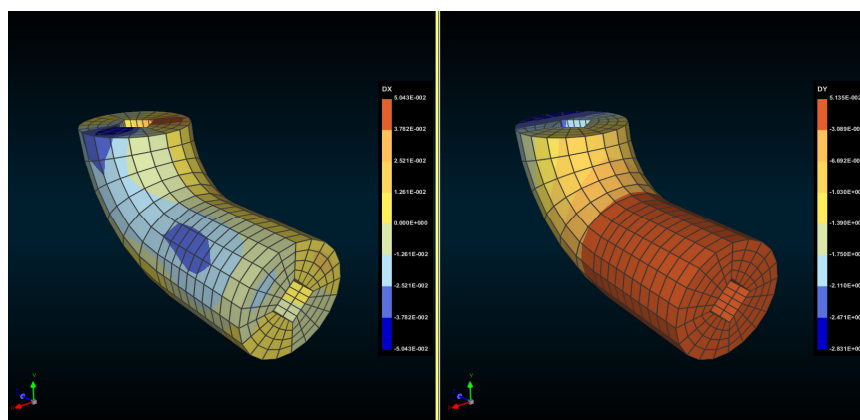
Pos-3D – Diferenciais

- Emprego de estrutura de dados topológica
 - Detecção de inconsistências topológicas
 - Eficiência dos algoritmos de visualização
- Técnicas de visualização
 - Visualização de campos escalares e vetoriais
 - Visualização volumétrica
 - Extração de superfícies internas
 - Combinação de técnicas de visualização
- Facilidade de inspeção
 - Visualização simultânea de duas imagens
 - Visualização de grade envolvente
 - Controle de camera
 - Visualização integrada de gráficos XY



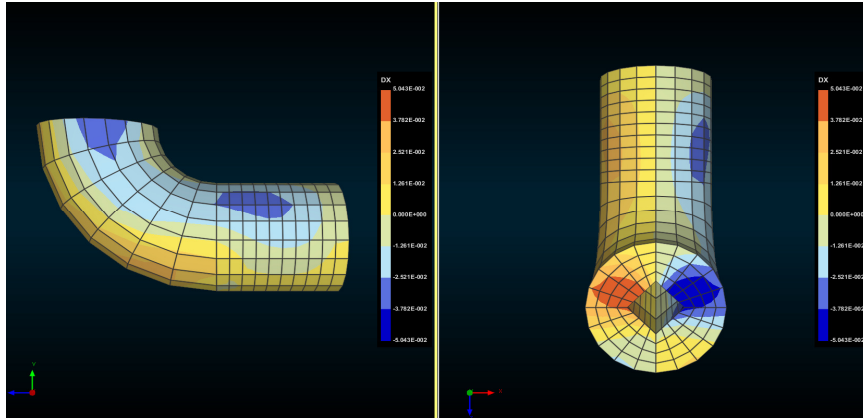
Pos-3D – Sincronização de áreas de desenho

- Sincronismo de camera
 - Diferentes resultados, mesmo ponto de vista



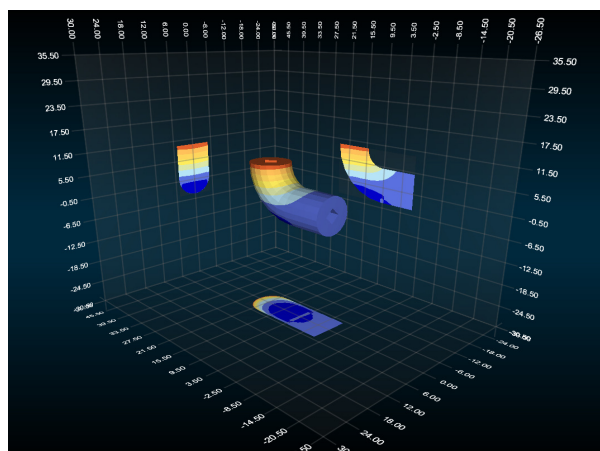
Pos-3D – Sincronização de áreas de desenho

- Sincronismos de resultado
 - Diferentes pontos de vista, mesmo resultado



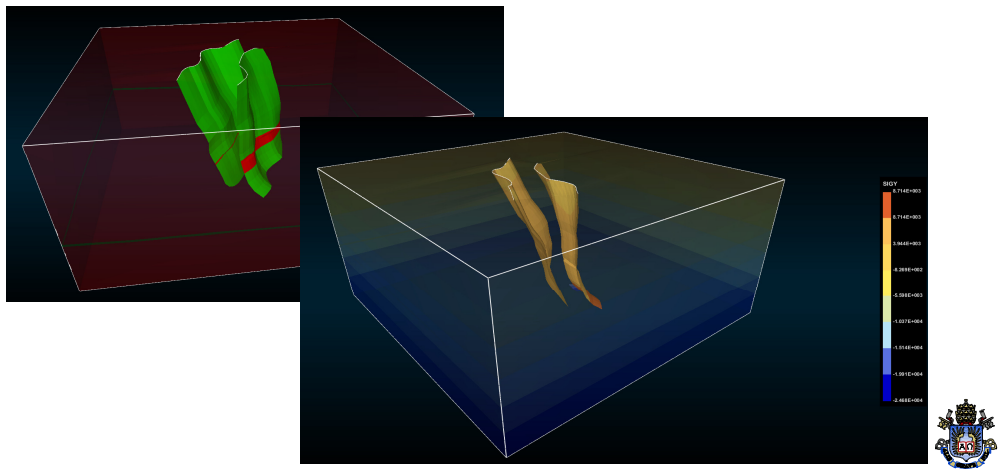
Pos-3D – Novos elementos gráficos

- Visualização da grade envolvente
 - Projecção dos modelos nas paredes



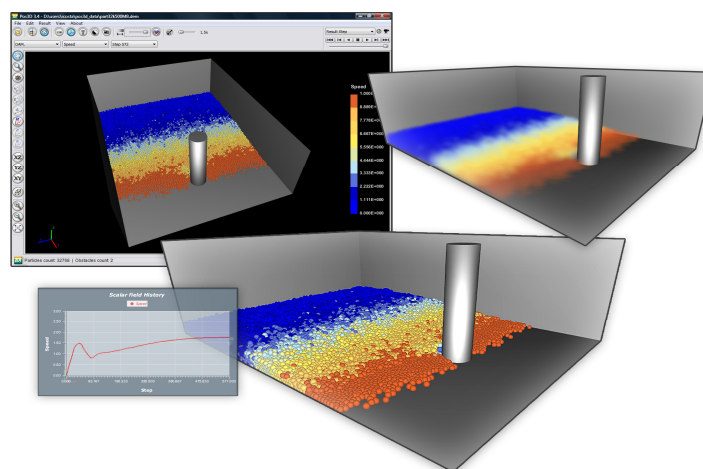
Pos-3D – Técnicas de visualização

- Controle de transparência
 - Visualização da fronteira e do interior



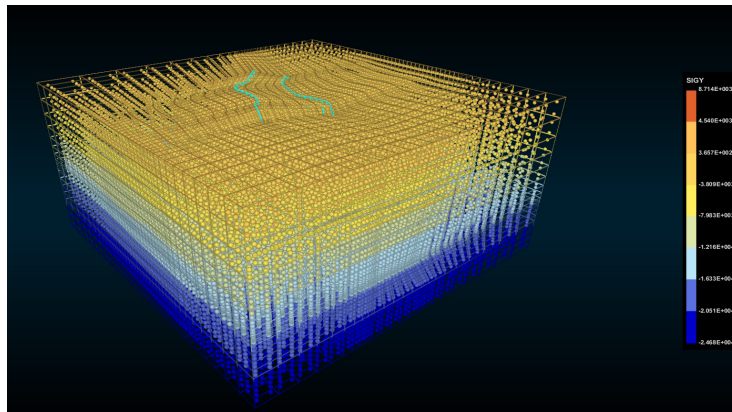
Pos-3D – Técnicas de visualização

- Integração FEM e DEM
 - Suporte a modelos mistos



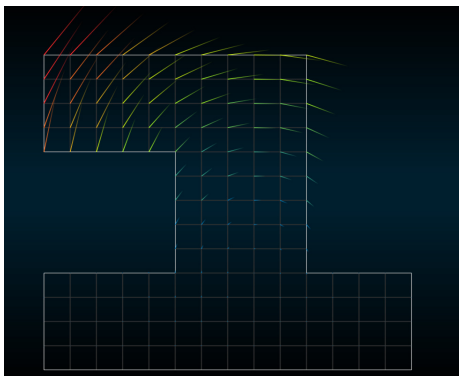
Pos-3D – Técnicas de visualização

- Visualização volumétrica em pontos
 - Valores em pontos de Gauss

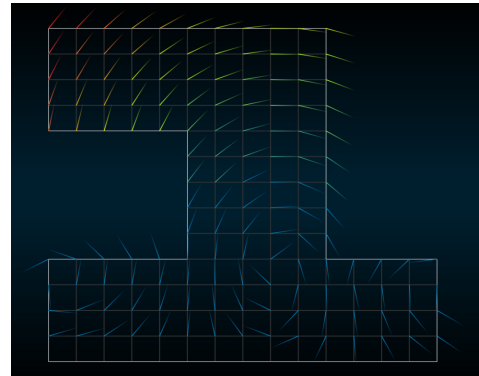


Pos-3D – Técnicas de visualização

- Visualização de dados vetoriais
 - Uso de “glyphs”



Não normalizado

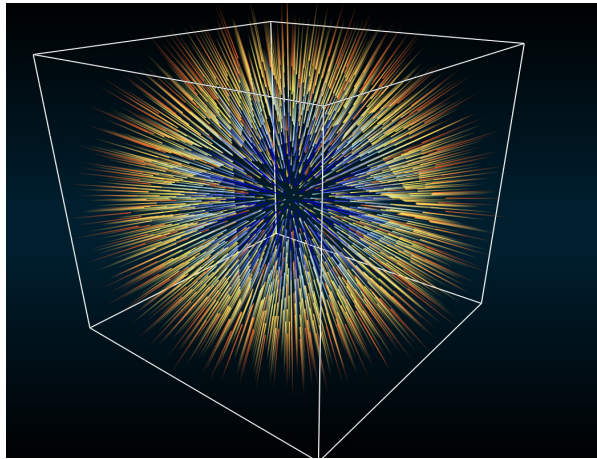


Normalizado



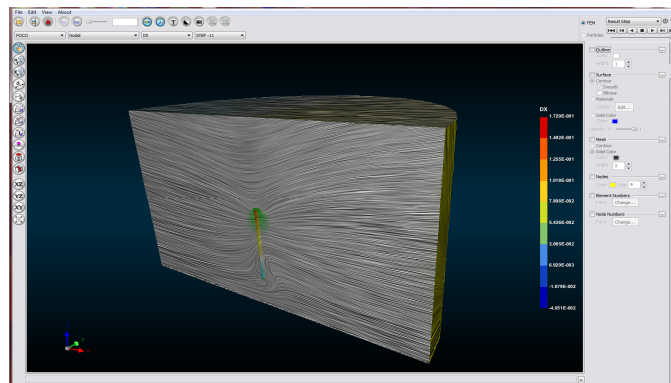
Pos-3D – Técnicas de visualização

- Visualização de dados vetoriais
 - Uso de “glyphs”



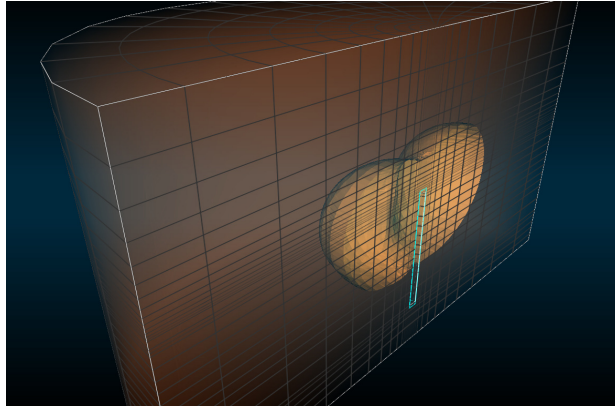
Pos-3D – Técnicas de visualização

- Visualização de campos vetoriais em superfícies arbitrárias
 - Representação densa do campo vetoriais
 - Suporte a animação



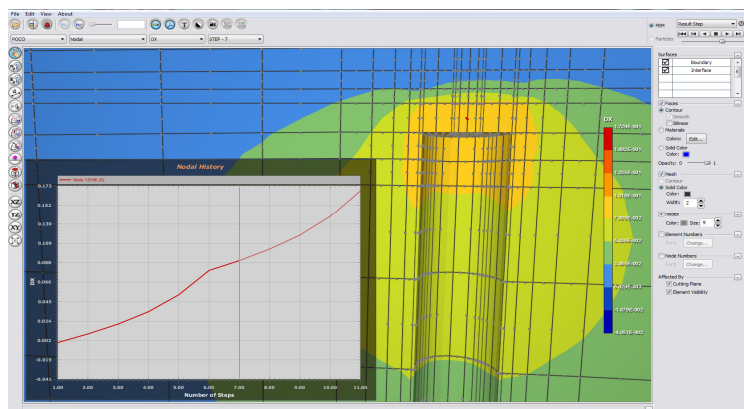
Pos-3D – Técnicas de visualização

- Visualização volumétrica
 - Visualização integrada de iso-superfícies



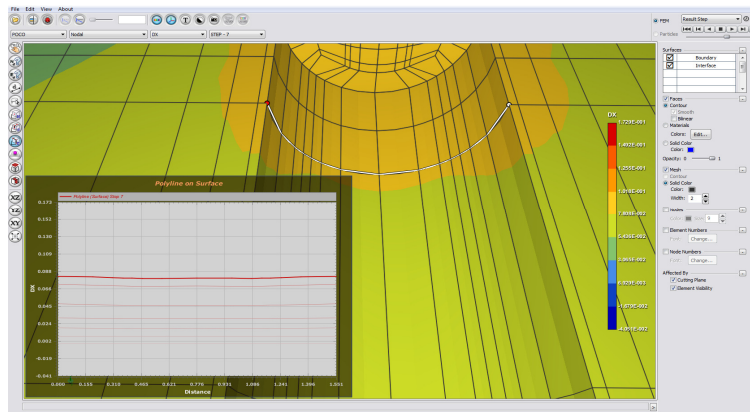
Pos-3D – Gráficos XY

- Gráfico com história nodal
 - Variação de campo escalar em um nó selecionado



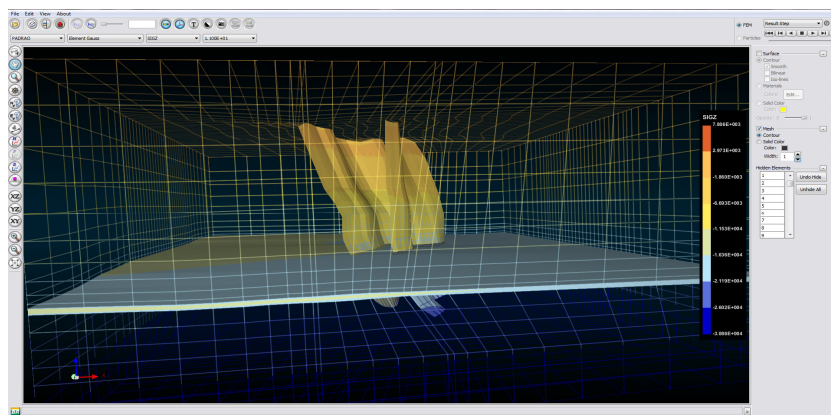
Pos-3D – Gráficos XY

- Gráfico ao longo de arestas do modelo
– Variação de campo escalar ao longo de arestas



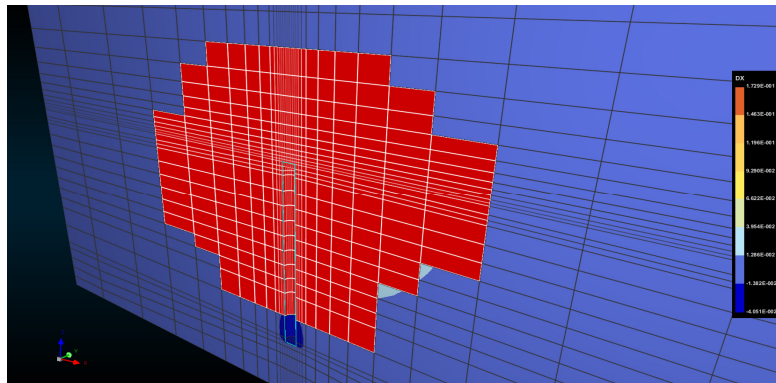
Pos-3D – Controle de visibilidade de elementos

- Visibilidade por material



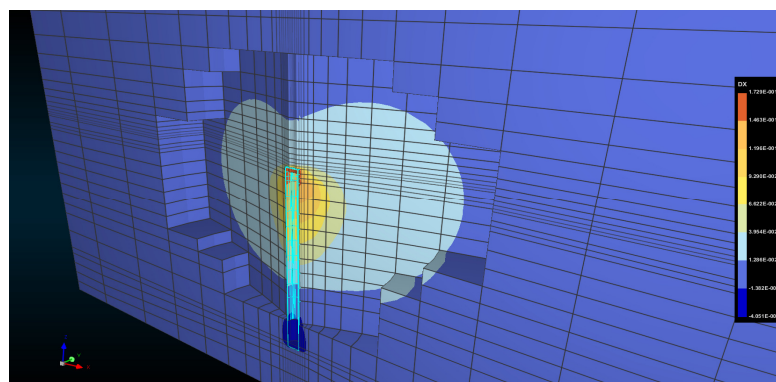
Pos-3D – Controle de visibilidade de elementos

- Interface de “escavação” visual



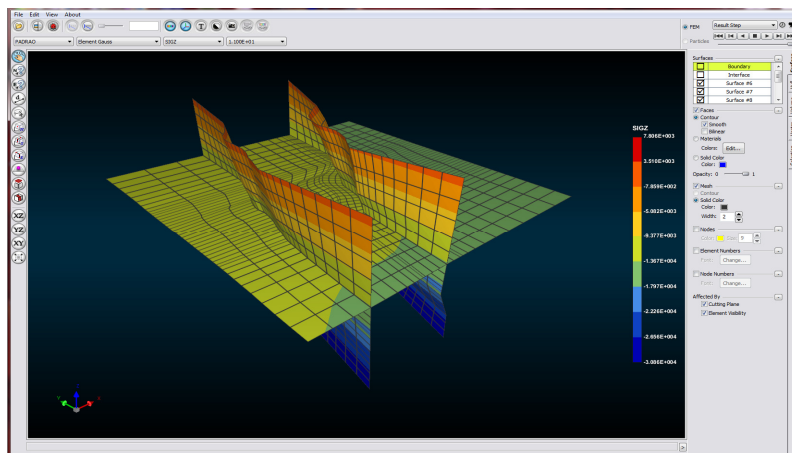
Pos-3D – Controle de visibilidade de elementos

- Interface de “escavação” visual



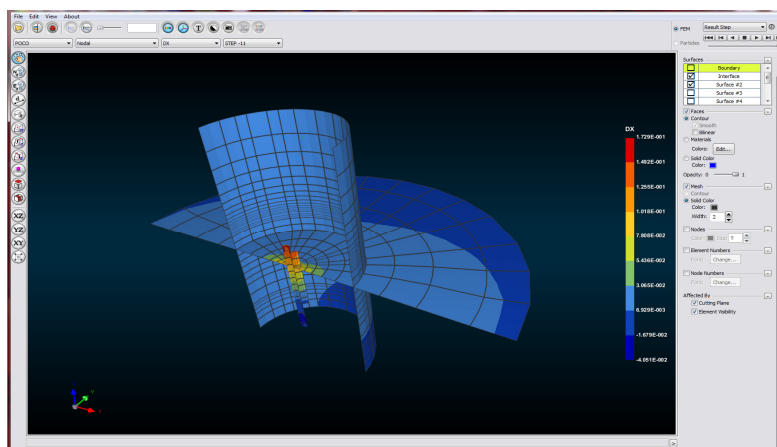
Pos-3D – Extração de superfícies internas

- Extração simples e eficiente de superfícies
 - Facilidade de inspeção do volume



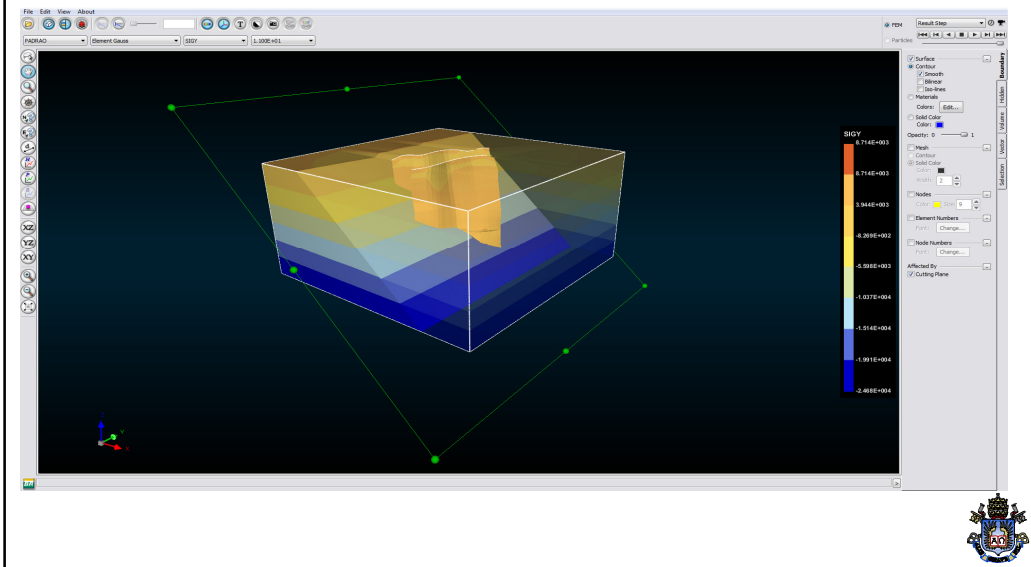
Pos-3D – Extração de superfícies internas

- Extração simples e eficiente de superfícies
 - Facilidade de inspeção do volume



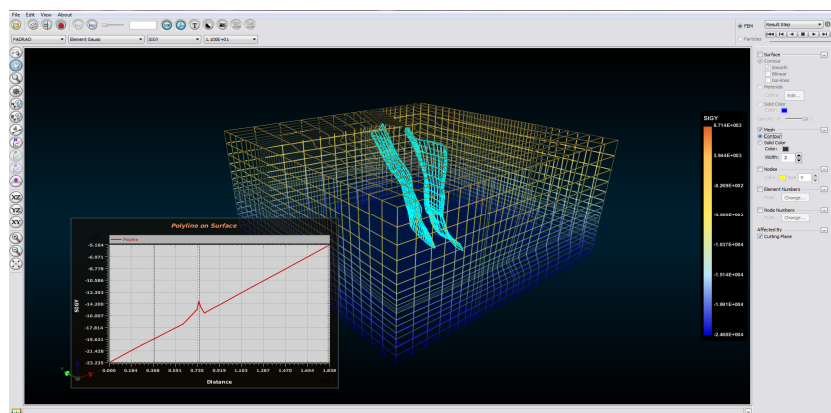
Pos-3D – Combinação de técnicas

- Plano de corte determinando visibilidade



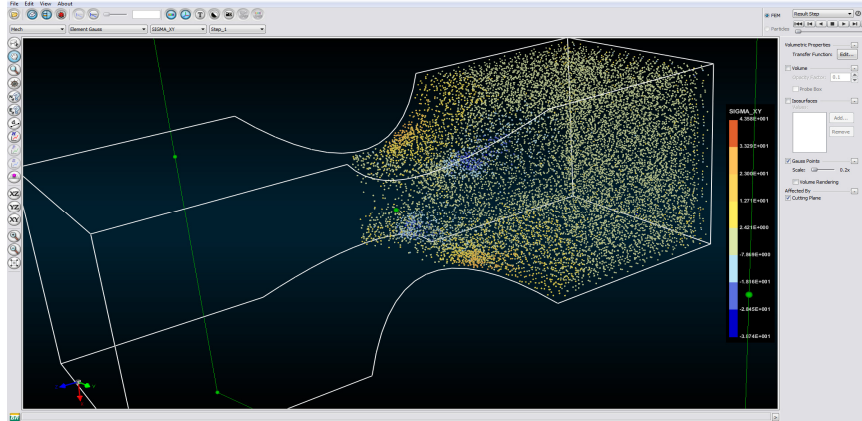
Pos-3D – Combinação de técnicas

- Alteração atributo de fronteira
– *Opaque, Mesh with contour, Transparent*



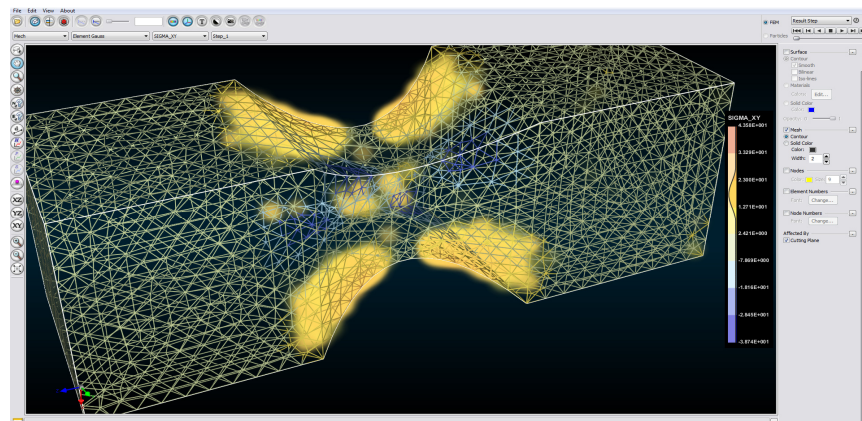
Pos-3D – Combinação de técnicas

- Pontos de Gauss opaco
– Afetado pelo plano de corte



Pos-3D – Combinação de técnicas

- Pontos de Gauss com transparencia
– Combinado com fronteira “aramada”



Pos-3D – Combinação de técnicas

- Visualização volumétrica
 - Combinada com múltiplas isosuperfícies

