

# JADE Reservoir - Manual do Usuário



**JADE**  
ANALYSIS AND DESIGN  
ENVIRONMENT

O *JADE Reservoir* apresenta em sua versão atual as seguintes funcionalidades gerais:

1. A criação de modelos geomecânicos 3D com geometria de baixa a média complexidade<sup>1</sup>.
2. A exportação de modelos geomecânicos para o [GeMA](#), com aplicação de materiais, configuração de condições iniciais e carregamentos prescritos.
  - a. Estes modelos incluem análises do tipo *dual-porosity* (e *enhanced dual-porosity*).
  - b. Nesta versão, as falhas são utilizadas somente para a construção de modelos para análise *Enhanced DPDP*.
3. A exportação de informações de poços para o módulo Well, carregando todos os dados já preenchidos no JADE (materiais aplicados e tensão inicial).

## 1. Introdução

Atualmente o JADE Reservoir é fornecido para [download](#) na plataforma do ERAS, e não precisa ser instalado. Para executá-lo, basta extrair *todos* os arquivos do .zip baixado para o local desejado do seu computador, e executar o arquivo JADE.exe.

O JADE trabalha com projetos (ou modelos). Um projeto guarda um modelo completo com todos os seus dados já preenchidos de geometria, materiais, inputs, configurações, etc. Todos esses dados podem ser persistidos e compartilhados em arquivos de formato .jade.

Através do menu *File* (Figura 1), é possível criar, abrir ou salvar os modelos, bem como, exportar um modelo para o GeMA ou para o módulo Well.

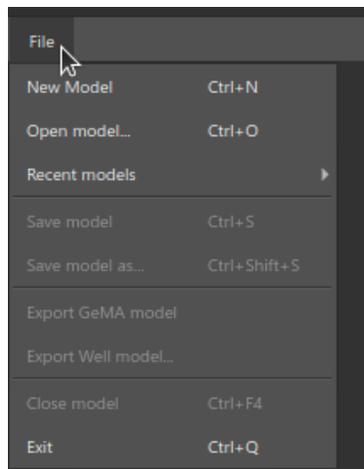


Figura 1 - Menu File.

---

<sup>1</sup> A malha do modelo é gerada a partir de horizontes definidos manualmente ou via importação, com algumas restrições: atualmente os horizontes utilizados não podem se interceptar ou possuir buracos.

Para criar um primeiro projeto no JADE, selecione *File > New Model* (ver Figura 2) A seguinte janela de criação de modelo é exibida:

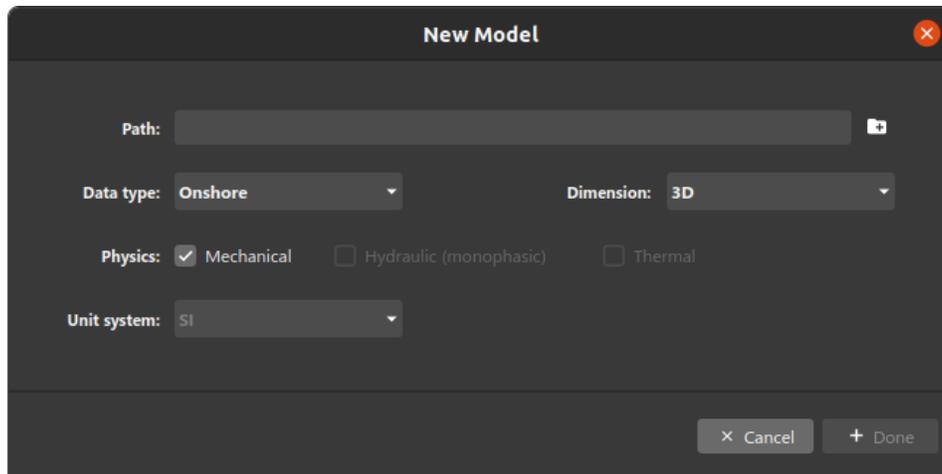


Figura 2 - Janela de novo modelo.

Nela selecione o local no computador onde deseja salvar o arquivo do modelo e as demais configurações gerais do projeto. Na versão atualmente disponibilizada do JADE, somente modelos 3D com *Physics Mechanical* estão disponíveis.

Os projetos abertos no JADE são exibidos nas abas superiores (Figura 3) com seus nomes correspondentes e pode-se alternar entre eles clicando no projeto desejado, ou fechá-los clicando no X.

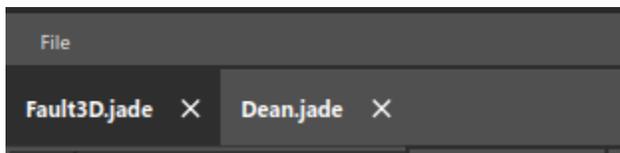
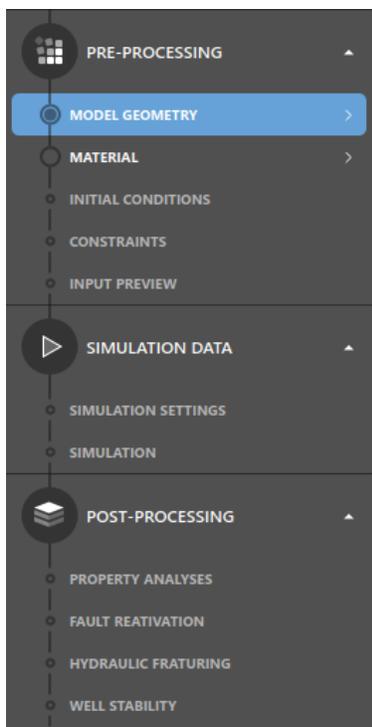


Figura 3 - Modelos abertos no JADE.

A exportação dos scripts em Lua a serem simulados com o [GeMA](#) é atualmente o produto final do JADE. Essa exportação é feita através do menu *File > Export GeMA model*, opção que só estará disponível quando o usuário chegar ao final da configuração do modelo, hoje a aba ***Simulation Settings*** (Figura 4).

A exportação de um poço para análise no módulo Well pode ser feita a qualquer momento no menu *File > Export Well model*, caso exista ao menos um poço adicionado ao modelo. Todas as informações preenchidas no JADE Reservoir serão levadas ao modelo do poço para análise externa no software *Well*.

## 2. Wizard



Em cada modelo aberto no JADE, o preenchimento dos dados segue um fluxo estilo “*wizard*”, em que uma etapa de configuração é preenchida após a outra, em uma ordem sugerida. O menu lateral (redimensionável) exibido à esquerda no JADE (Figura 4) lista as etapas de input do JADE Reservoir que se dividem em três grandes etapas: *Pre-processing*, *Simulation data* e *Post-processing*. Dentro de *Pre-processing*, o usuário define a geometria do modelo e preenche todos os inputs necessários para a análise. Dentro de *Simulation data*, o usuário define parâmetros específicos da simulação e no futuro poderá disparar e acompanhar o seu andamento. Atualmente estão implementadas somente as etapas de *Model Geometry* a *Simulation Settings*. Cada uma delas será descrita em mais detalhes nas próximas seções deste manual.

No menu, a etapa selecionada (em azul) define a janela corrente a ser visualizada e preenchida da vez. O restante da interface (centro e direita) é atualizado de acordo.

Cada etapa pode apresentar os status de:

 **Incompleta:** A etapa está liberada mas ainda existem dados importantes a serem preenchidos. Por exemplo, a etapa de *Model Geometry* só é considerada completa quando ao menos dois horizontes válidos forem adicionados.

 **Completa:** Os dados obrigatórios da etapa foram preenchidos e o usuário pode passar para a próxima.

 **MODEL GEOMETRY**  
1 Error

**Com erro:** Algo na etapa foi preenchido indevidamente. Por exemplo, hoje o JADE não permite a inclusão de horizontes que se interceptam.

 **MODEL GEOMETRY**  
48%

**Em progresso:** Algum progresso está em andamento na etapa, impedindo a liberação imediata da etapa seguinte. O progresso pode ser visto no próprio wizard.

 **Bloqueada:** O que significa que as etapas anteriores ainda estão incompletas ou possuem erros.

### 3. Objetos/elementos geomecânicos e visualização

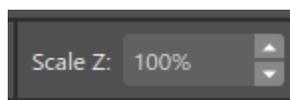
Para construir o modelo 3D o usuário cria e interage com entidades referenciadas dentro do JADE como objetos ou elementos geomecânicos. São eles especificamente: **horizontes**, **camadas**, **falhas** e **poços**. Cada objeto possui um nome definido pelo usuário e também uma representação gráfica.

As etapas de Pre-processing (especificamente Model Geometry, Material, Initial Conditions e Constraints) são as mais visuais e interativas. Em cada uma delas o usuário visualiza em um canvas 3D a representação gráfica dos objetos de interesse para aquela etapa e pode interagir com o canvas para inspecioná-los como desejado. Nestas etapas, os mesmos objetos disponíveis também estarão listados à direita na “árvore de elementos”, que provê também algumas funcionalidades específicas de cada etapa, melhor detalhadas nas seções seguintes deste manual.

Para esta interação com o canvas, o usuário tem à disposição as seguintes ferramentas de manipulação:

	<p>Quando a <b>ferramenta de manipulação</b> está selecionada, é possível rotacionar com o botão esquerdo do mouse, dar zoom girando o botão do meio (wheel), e arrastar o modelo (pan) clicando com o botão do meio (wheel).</p>
	<p>Quando a <b>ferramenta de seleção</b> está selecionada, é possível selecionar os elementos/objetos (horizontes, camadas, poços, etc) clicando-se neles no canvas. Para selecionar mais de um objeto simultaneamente, use a tecla <i>Ctrl</i>. Quando um ou mais objetos são selecionados, eles recebem um <i>highlight</i> no canvas e também na árvore de elementos. Nesta, o <i>highlight</i> funciona ainda que a ferramenta de seleção não esteja ativada.</p>
	<p>Esta ferramenta permite alterar a cor de background do canvas da etapa corrente entre escuro (<i>default</i>) e claro.</p>

É possível configurar também um fator de escala no eixo Z para melhor visualização. Esta escala é aplicada em todos canvas simultaneamente, e só é válida para a visualização, sem afetar a geometria real do modelo.



## 4. Model Geometry

Na etapa de Model Geometry (Figura 5), o usuário define a geometria do modelo criando e/ou importando horizontes (obrigatórios), falhas e poços. A interface é composta por um canvas e uma aba lateral direita (redimensionável), que por sua vez possui três painéis redimensionáveis e colapsáveis: **MODEL SETUP**, **ELEMENTS** e **PROPERTIES**.

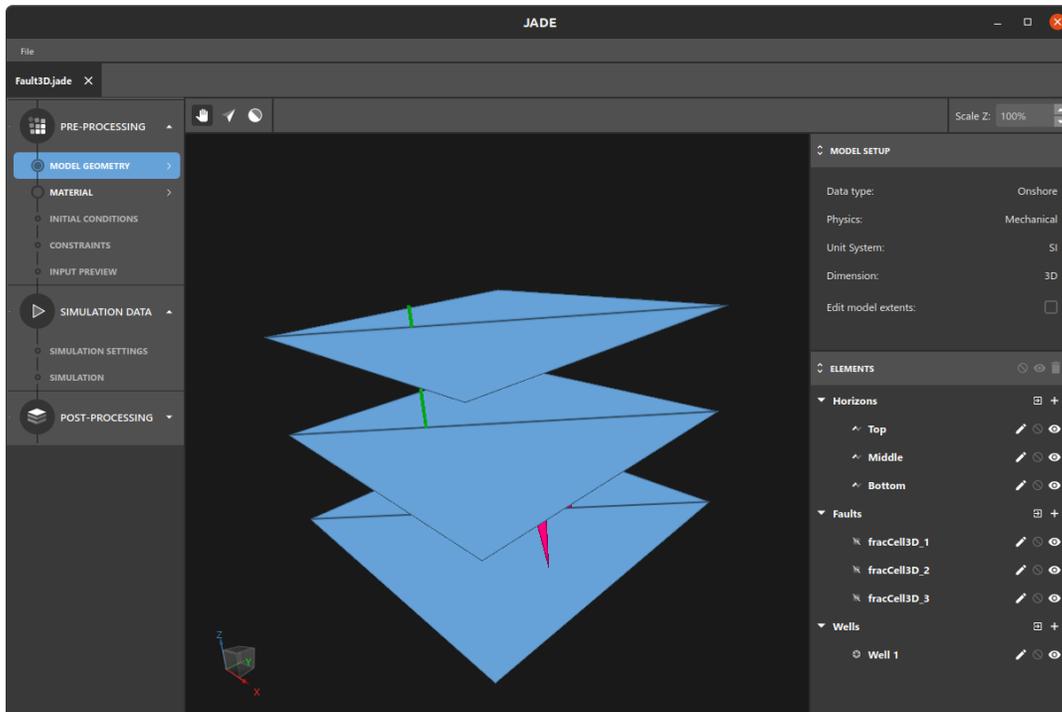


Figura 5 - Model Geometry.

O painel ou árvore de **ELEMENTS** é parte fundamental desta aba e também está presente em outras etapas. Ele lista os elementos geomecânicos importantes para interação na etapa corrente (os mesmos visualizados no canvas), agrupados por tipo, e provê as funcionalidades possíveis também para esta etapa. No caso da etapa de Model Geometry, estes objetos são Horizons, Faults e Wells. E as ferramentas principais nesta aba são as de criação ou importação de objetos, de forma a definir a geometria do modelo.

Para importar um objeto, clique na árvore de elementos no botão  ao lado do tipo do objeto de interesse e escolha o(s) arquivo(s) desejados. Os formatos de arquivo suportados para cada objeto são:

Horizontes	.TS, .OFF
Falhas	.TS, .DXF, .OFF
Poços	.WDB, .LAS, .OFF

Para criar um objeto, clique no botão  ao lado do tipo de objeto de interesse. Esta é a forma para criar objetos de forma manual, definindo a sua geometria. Uma janela específica para o tipo de objeto se abrirá para preenchimento das informações necessárias para a criação daquele objeto. Veja, nas subseções 4.1, 4.2 e 4.3, como criar horizontes, falhas e poços manualmente.

Outras ferramentas disponíveis na árvore de elementos são:

	Editar o objeto. Dispara a janela para edição do objeto correspondente. Objetos de geometria complexa, como horizontes importados (e não retangulares e horizontais) não podem ser editados e este botão estará desabilitado.
	Bloquear / desbloquear o objeto. Um objeto bloqueado não será considerado nas etapas seguintes do JADE e nem no modelo final de simulação.
	Esconder / exibir o objeto no canvas da etapa corrente. Esta opção está presente nas árvores de elementos de todas as etapas, e permite selecionar quais objetos ficarão visíveis no canvas, permitindo visualizar melhor objetos ocluídos.
	Excluir objetos selecionados. Para excluir um objeto definitivamente, selecione-o na árvore e clique neste botão.

O painel de **MODEL SETUP** (ver Figura 6) é sempre visível e apresenta as informações gerais do modelo definidas no momento da sua criação, tais como tipo (*onshore* ou *offshore*), física, *unit system* e dimensão. Atualmente essas informações não são editáveis após a criação.

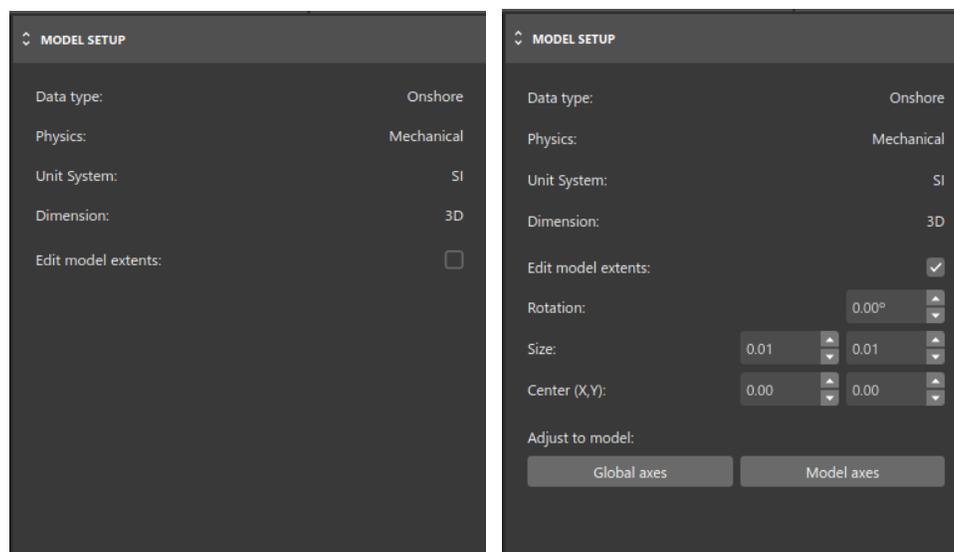


Figura 6 - Janela de Model Setup e extensão do modelo.

Neste painel, também encontra-se a opção “*Edit model extents*” que, quando ativada, permite a definição dos limites laterais do modelo, aumentando ou diminuindo a sua extensão, ou seja, o modelo também pode ser recortado. Quando esta opção não está marcada, o contorno lateral do modelo é definido pelos próprios horizontes adicionados. Ao ativá-la, o contorno lateral do modelo passa a ser retangular e definido pelos parâmetros de centro, tamanho e rotação. Duas ferramentas permitem melhor ajuste deste retângulo ao modelo. Clicando no botão “*Global axes*”, a caixa se ajusta da melhor forma ao modelo (posição e tamanho), porém mantendo-se alinhada aos eixos X e Y globais (AABB - *Axis aligned bounding box*). Clicando no botão “*Model axes*”, a caixa se ajusta da melhor forma ao modelo, porém mantendo-se alinhada às direções principais do próprio modelo (OBB - *Oriented bounding box*).

No canvas, uma caixa transparente de contorno branco (Figura 7) representa a extensão do modelo para fornecer um feedback visual. Durante a geração da malha, em um momento posterior, os horizontes serão recortados ou estendidos para atender essa nova extensão definida pelo usuário. É importante observar que a caixa possui uma *altura* apenas para permitir um feedback visual no canvas 3D. Os limites verticais do modelo são definidos pelos horizontes de topo e de base adicionados.

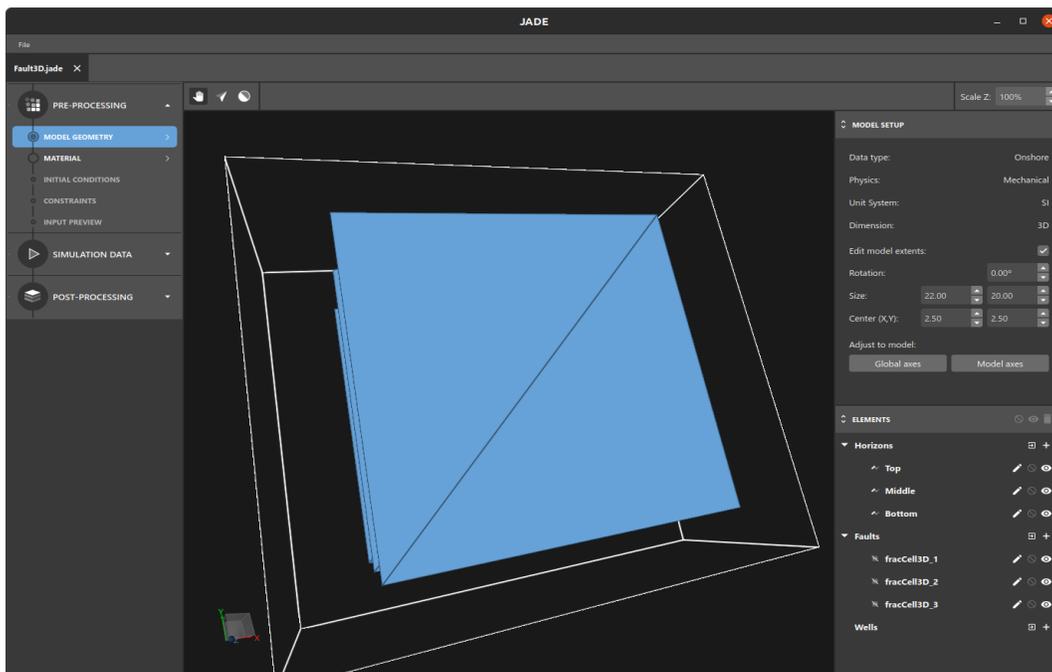


Figura 7 - Caixa de extensão do modelo.

O terceiro painel, **PROPERTIES**, só é visível quando ao menos algum objeto geomecânico está selecionado. Ele apresenta informações referentes ao(s) objeto(s) selecionados, quando estes as possuem. Atualmente, apenas as falhas e poços possuem painel de propriedades (Figura 8). Para as falhas, são exibidos os valores médios de *dip* e

*strike*, calculados automaticamente a partir da sua geometria. Para os poços, são exibidas as informações editáveis de tipo (injeção, produção ou indefinido) e posição no modelo.

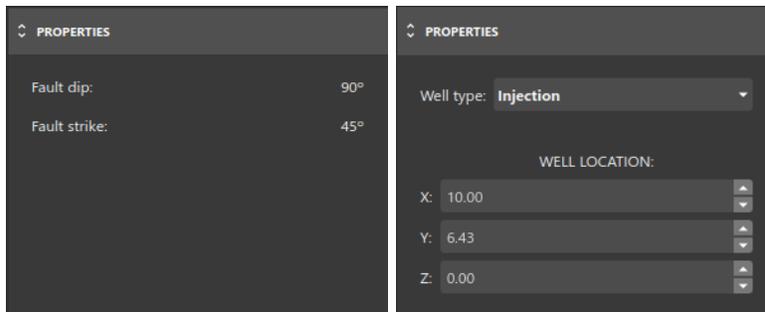


Figura 8 - Painel de propriedades de falha e de poço.

#### 4.1. Criando/editando horizontes manualmente

O JADE permite somente a criação e edição manual de horizontes planos, retangulares e alinhados ao plano XY. Horizontes de geometria mais complexa precisam ser importados.

A janela de *New Horizon* disparada ao clicar no botão  no nível de Horizons na árvore de elementos possui dois tipos de criação: “*Rectangular*” e “*Copy geometry*”.

No modo “*Rectangular*” (Figura 9), para definir a geometria do horizonte o usuário precisa fornecer: as coordenadas X e Y de dois pontos opostos do retângulo, a profundidade (Z) do horizonte e uma rotação, quando necessária.

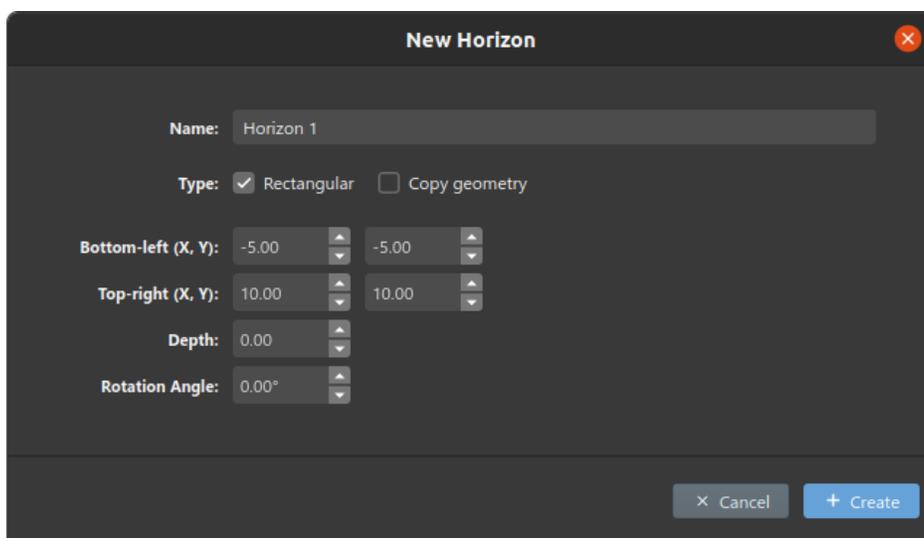


Figura 9 - Janela de criação de novo horizonte.

A Figura 10 ilustra como os parâmetros *Bottom-left*, *Top-right* e *Rotation angle*, considerando uma vista de cima do modelo, são definidos com relação ao sistema de coordenadas do JADE.

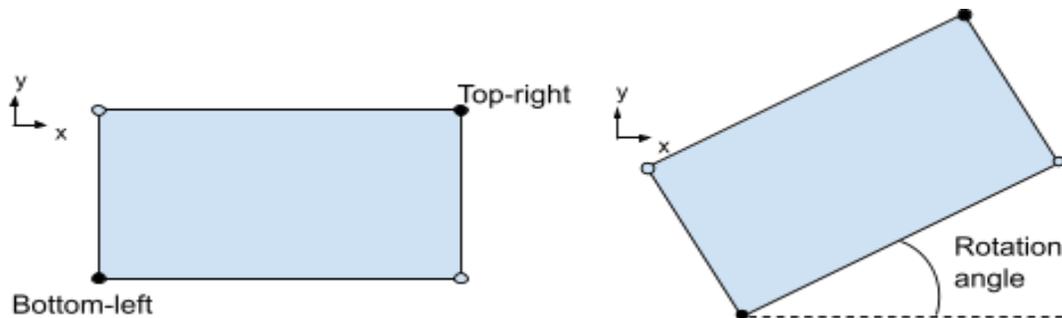


Figura 10 - Parâmetros do horizonte retangular.

Com pelo menos um horizonte já adicionado previamente, é possível criar um horizonte a partir da geometria de outro e fornecer um deslocamento vertical. Para isso, marque a opção “*Copy geometry*” (ver Figura 11), selecione o horizonte que deseja copiar e forneça o “*depth displacement*” i.e., a distância entre o novo horizonte sendo criado e o horizonte original.

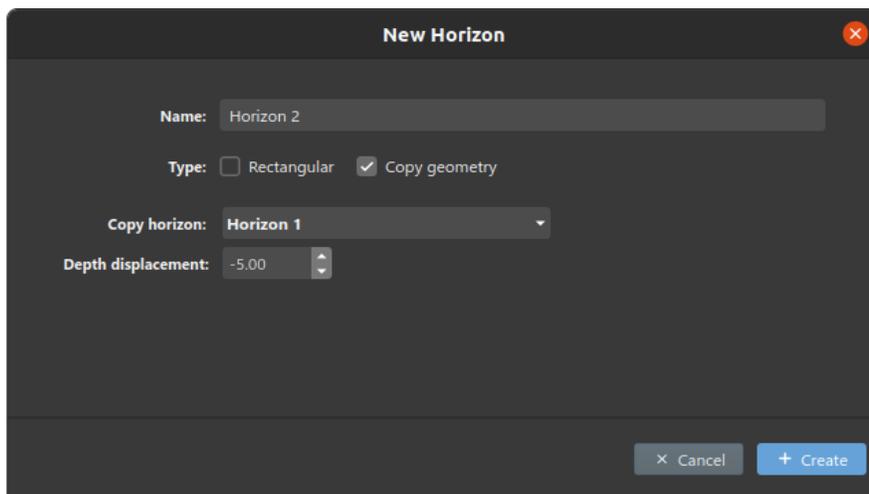


Figura 11 - Janela de criação de novo horizonte - cópia.

Ao clicar no botão  de um horizonte, a janela *Edit Horizon* se abrirá para edição dos mesmos parâmetros usados no modo “*Rectangular*”. É importante ressaltar que este botão só estará disponível caso o horizonte, criado ou importado, tenha a geometria simples, i.e. definida por um retângulo paralelo ao plano XY.

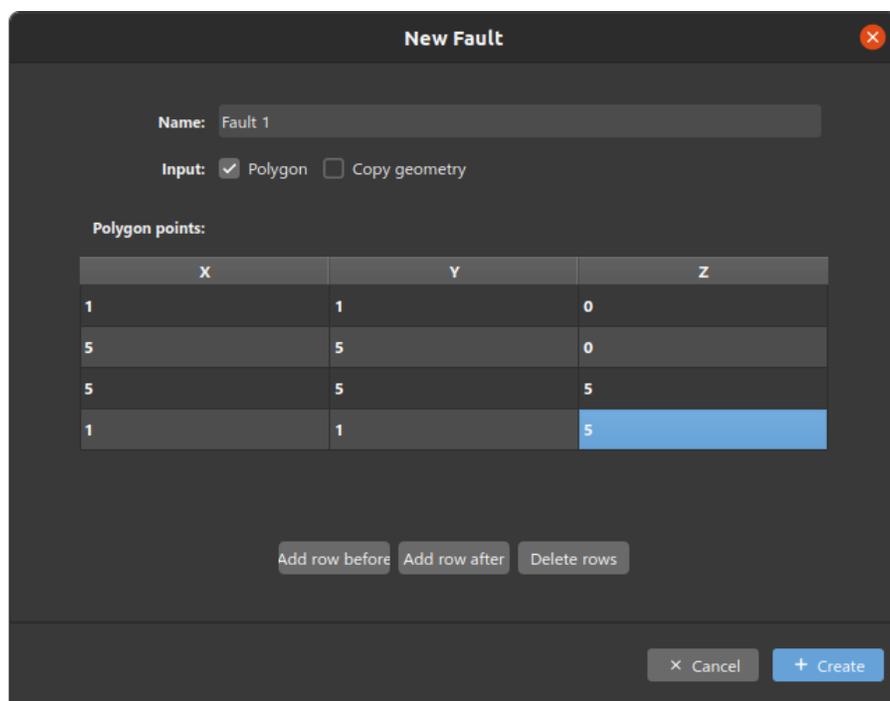
## 4.2. Criando/editando falhas manualmente

A versão atual do JADE permite a criação e edição de falhas *planas* representadas por um polígono no espaço. Este polígono será triangularizado automaticamente para criar uma superfície de representação da falha. Para trabalhar com falhas de geometria mais complexa, utilize a importação.

A janela de *New Fault*, disparada ao clicar no botão  no nível de Faults na árvore de elementos, possui dois tipos de criação: “*Polygon*” e “*Copy geometry*”.

No modo “*Polygon*” (Figura 12), forneça a lista com os pontos 3D do contorno da falha. Estes pontos precisam formar um polígono simples no espaço. Portanto:

- No mínimo 3 pontos não colineares devem ser fornecidos.
- Todos os pontos fornecidos precisam ser coplanares.
- Os pontos (ordenados) devem formar um contorno simples, i.e. sem auto interseção de suas arestas.



**New Fault**

Name: Fault 1

Input:  Polygon  Copy geometry

Polygon points:

	X	Y	Z
1	1	1	0
5	5	5	0
5	5	5	5
1	1	1	5

Add row before Add row after Delete rows

Cancel Create

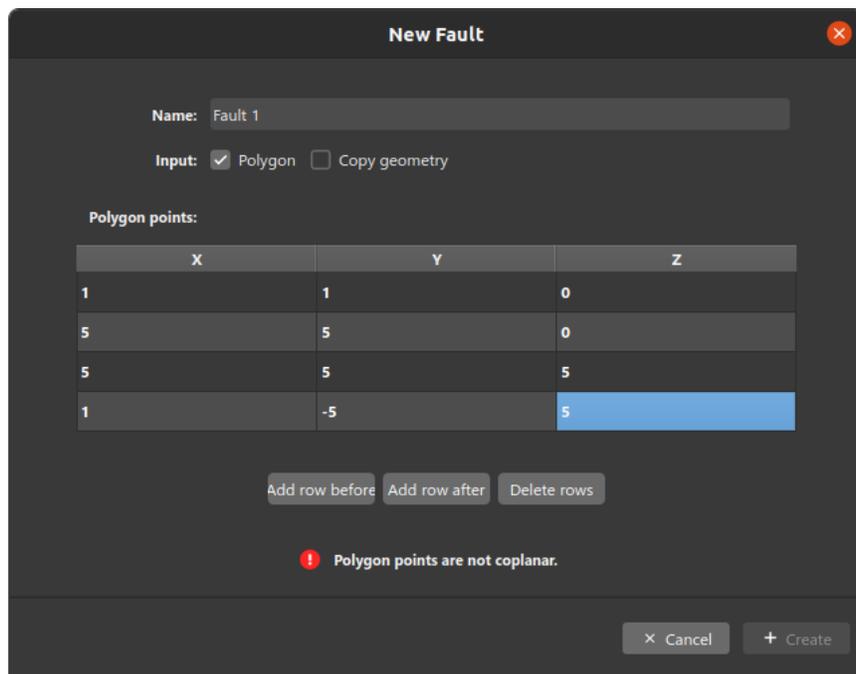
Figura 12 - Janela de criação de nova falha.

Caso os pontos de contorno fornecidos infrinjam alguma destas regras, a criação/edição não poderá ser finalizada (botão de Create/Save desabilitado), e uma mensagem com o erro será exibida, como na Figura 13 e na Figura 14.

A tabela de pontos do contorno possui três colunas, uma para cada respectiva coordenada X, Y e Z. Cada linha preenchida representa um ponto do polígono. Linhas completamente vazias são ignoradas. Linhas com apenas uma ou duas colunas preenchidas

são consideradas incompletas, e configuram erro, não permitindo a finalização da criação/edição.

Para adicionar linhas e, portanto, mais espaço para novos pontos no polígono, utilize os botões “Add row before” ou “Add row after”, estando com alguma célula selecionada na tabela. Para remover uma ou mais linhas, selecione quaisquer células das linhas que deseja remover e clique no botão “Delete rows”. O número mínimo de linhas permitido é 3.



**New Fault**

Name: Fault 1

Input:  Polygon  Copy geometry

Polygon points:

	X	Y	Z
1	1	1	0
5	5	5	0
5	5	5	5
1	1	-5	5

Add row before Add row after Delete rows

**!** Polygon points are not coplanar.

Cancel Create

Figura 13 - Mensagem de erro: pontos não coplanares.

**New Fault**

Name:

Input:  Polygon  Copy geometry

Polygon points:

	X	Y	Z
1	1	1	0
1	1	1	0
5	5	5	5
5	5	5	5

! Input points do not form a simple polygon.

Figura 14 - Mensagem de erro: Pontos não formam um polígono simples.

Da mesma forma que os horizontes, as falhas também podem ser criadas via cópia, marcando na janela a opção “Copy geometry” (Figura 15). As cópias possuem o mesmo formato de polígono e são sempre paralelas às falhas originais. Selecione a falha original que deseja copiar e forneça uma direção e um espaçamento para fazer o deslocamento. O vetor fornecido em “Direction” expressa somente a direção de deslocamento da cópia, o seu unitário será utilizado. O espaçamento de fato é dado pelo valor fornecido em “Spacing”. O vetor de direção sugerido inicialmente é o vetor normal à falha original.

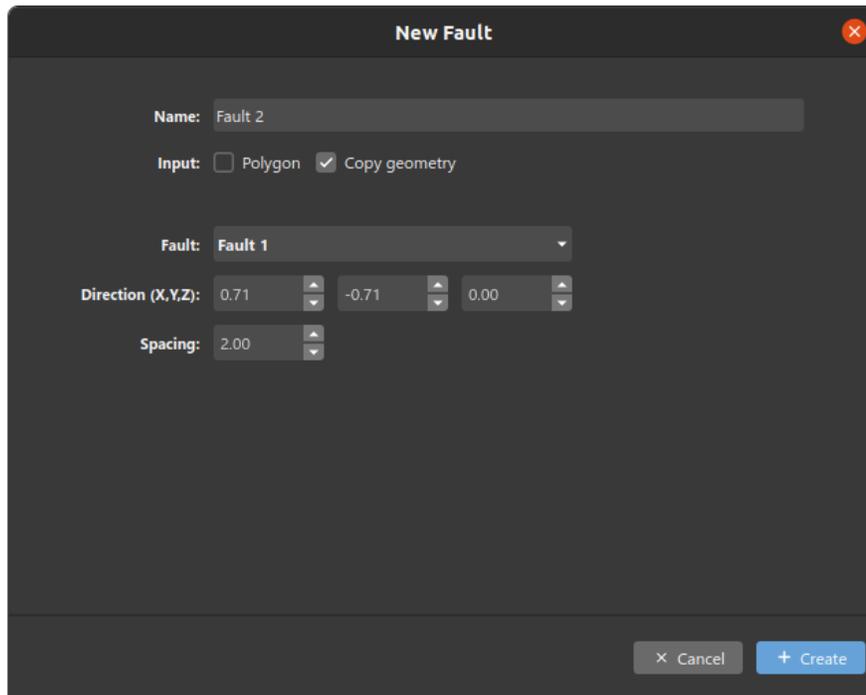


Figura 15 - Janela de criação de nova falha - cópia.

Ao clicar no botão  de uma falha, a janela *Edit Fault* se abrirá para edição do polígono, com a mesma interface e regras da criação no modo “*Polygon*”. É importante ressaltar que este botão só estará disponível caso a falha, criada ou importada, tenha a geometria simples, i.e. definida por um polígono simples no 3D.

### 4.3. Criando poços manualmente

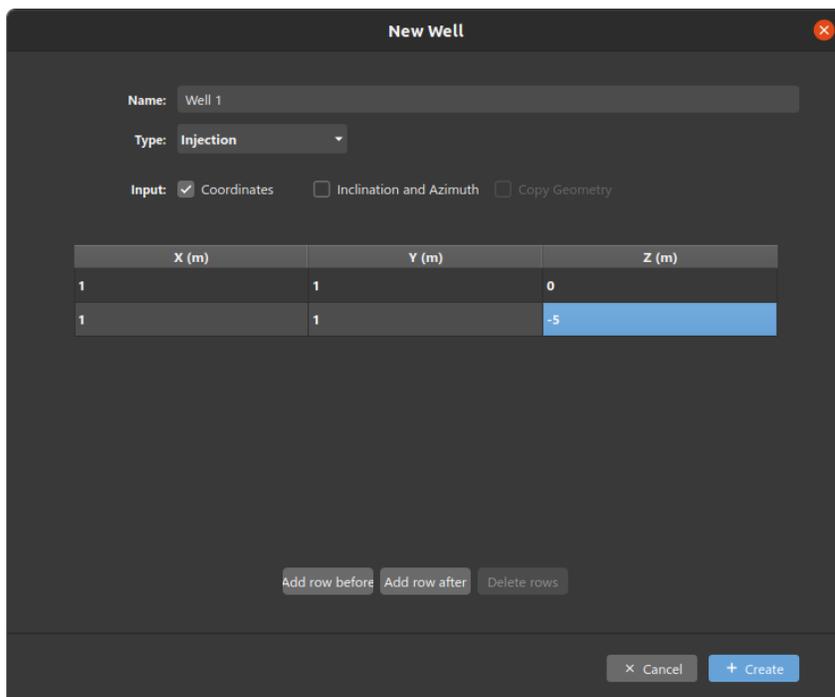
Um poço no JADE é definido por uma trajetória representada por uma sequência de pontos 3D. A “posição” do poço é definida pelo ponto do topo (aquele com maior valor de Z) da trajetória.

A janela de *New Well* é disparada ao clicar no botão  no nível de Wells na árvore de elementos. Nela, defina o nome do poço, e seu tipo (*Injection* ou *Production*) caso esta informação seja conhecida e relevante para a simulação, caso contrário pode deixar como *Undefined*.

Para a definição da trajetória do poço, existem três inputs disponíveis: “*Coordinates*”, “*Inclination and Azimuth*” e “*Copy geometry*”.

No tipo “*Coordinates*” (Figura 16), forneça todos os pontos da trajetória manualmente, em ordem decrescente de profundidade (Z). Esta informação pode ser copiada do Excel ou de outra fonte tabulada. O JADE inverterá a ordem dos pontos caso sejam fornecidos em ordem crescente de Z. No mínimo, dois pontos são necessários para definir a trajetória. Para controlar o número de linhas utilize os botões “*Add row before*”, “*Add row after*” e “*Delete rows*”, da

mesma forma que a tabela do contorno do polígono para a criação de falhas. Tal como nas falhas, uma linha completamente vazia é ignorada, e uma linha com pelo menos uma coordenada preenchida precisa estar completa para permitir a finalização da criação/edição.



**New Well**

Name: Well 1

Type: Injection

Input:  Coordinates  Inclination and Azimuth  Copy Geometry

X (m)	Y (m)	Z (m)
1	1	0
1	1	-5

Add row before Add row after Delete rows

Cancel Create

Figura 16 - Janela de criação de novo poço utilizando a trajetória.

Utilizando o tipo de input “*Inclination and Azimuth*” (Figura 17), a trajetória pode ser gerada a partir de informações de ângulos de inclinação e azimute do poço, nos pontos em que existe variação. Esta opção permite a geração de trajetórias inclinadas de maneira mais fácil. Forneça para tanto, a localização do poço, o método de geração da trajetória, e os pontos de inclinação em “*Measured depth*”, ou seja, em distância positiva a partir da localização inicial. Novamente, manipule as linhas da tabela com os botões de *Add* e *Delete rows*.

Existem cinco métodos (usados na indústria do petróleo) implementados para geração da trajetória a partir das inclinações:

- Angle averaging
- Balanced tangential
- Minimum curvature (default)
- Radius curvature
- Tangential

Selecione aquele que produz o resultado geométrico desejado. Por default, sugerimos aquele que gera uma trajetória de curvatura mínima. A Figura 17 exibe um exemplo de poço com a visualização da trajetória gerada no canvas.

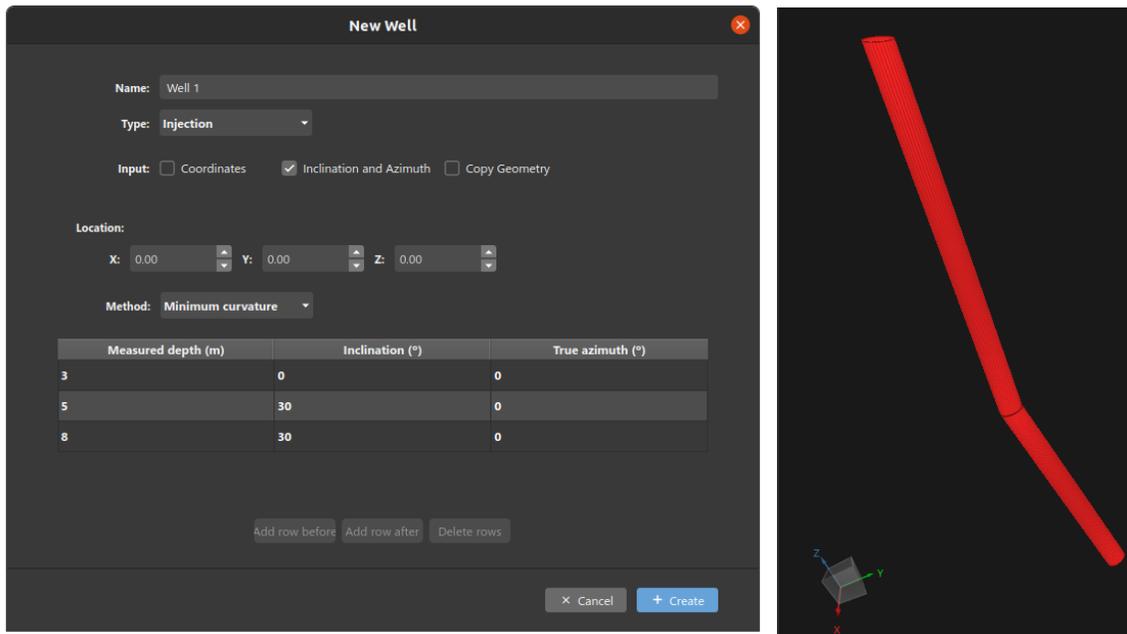


Figura 17 - Janela de criação de novo poço utilizando métodos de inclinação e azimute e poço inclinado correspondente.

Da mesma forma que horizontes e falhas, um poço também pode ser criado a partir da cópia de outro. Para isso, com a opção “Copy geometry” marcada (Figura 18), selecione o poço que deseja copiar e escreva a localização do novo poço. Toda a trajetória do poço original será copiada, porém fazendo a translação para o ponto definido em “Location”.

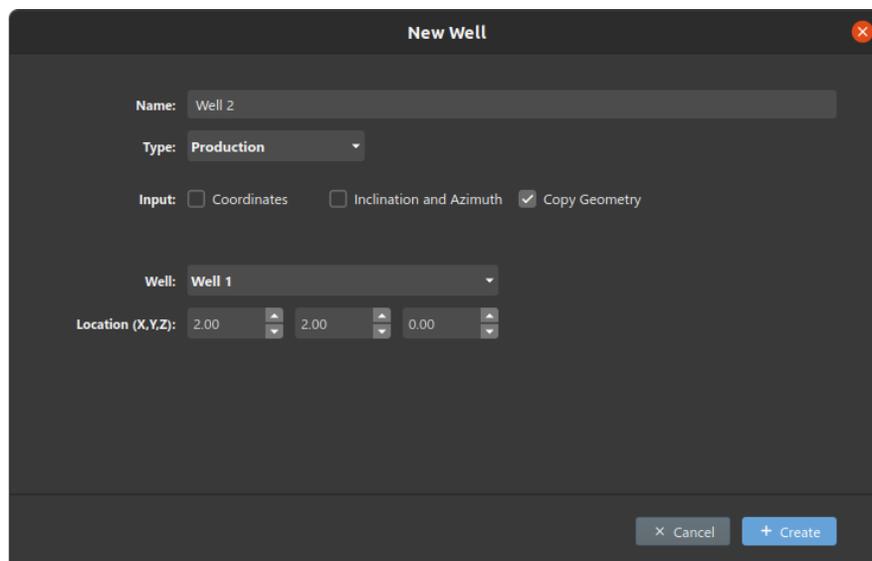
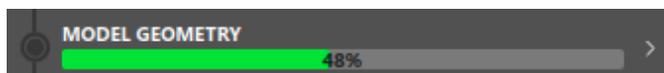


Figura 18 - Janela de criação de novo poço - cópia.

Ao clicar no botão  de um poço, a janela *Edit Well* se abrirá para a edição da trajetória, e somente a opção de “Coordinates” - edição direta dos pontos da trajetória - é disponibilizada.

## 5. Material

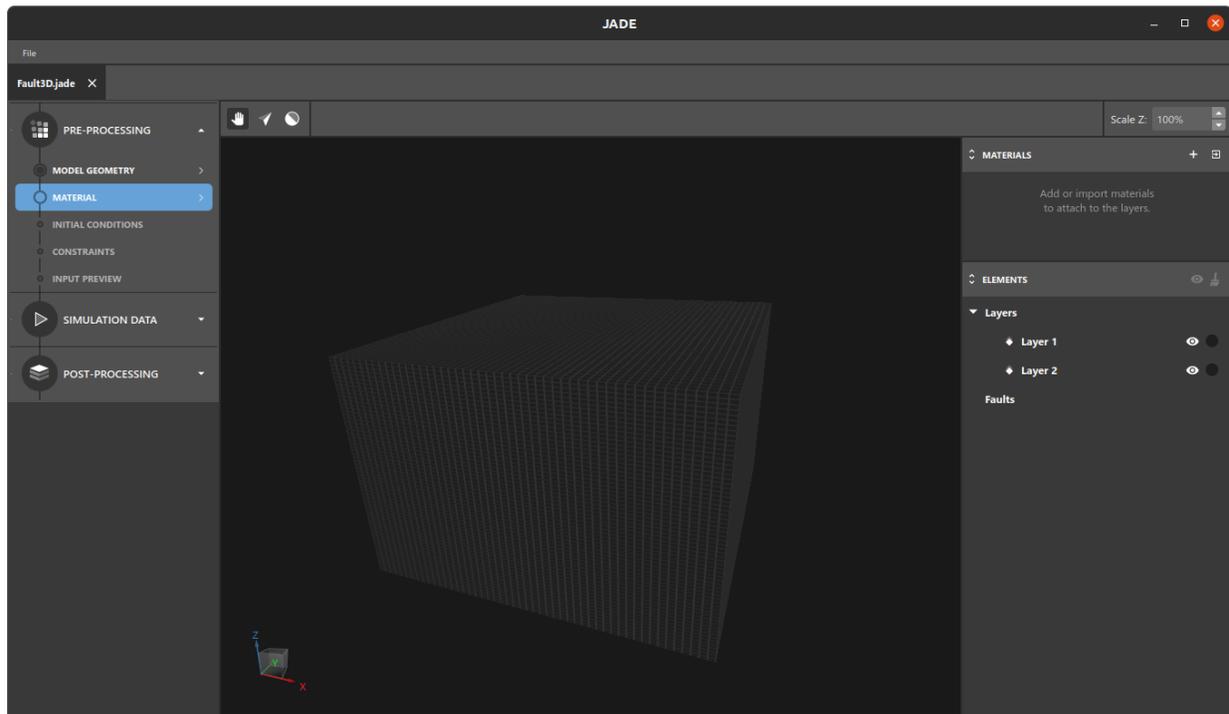
Ao sair da etapa de Model Geometry, passando para a aba Material, o JADE inicializará automaticamente a construção das camadas, a partir dos horizontes fornecidos. O progresso pode ser visto no wizard (Figura 19), e a aba de Material será exibida ao final do processamento.



*Figura 19 - Progresso da geração das camadas.*

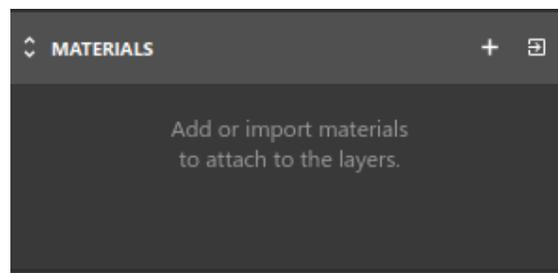
O objetivo principal da etapa Material (Figura 20) é definir o conjunto de materiais necessários para o modelo e atribuí-los a cada camada gerada. Quando existem falhas no modelo (modelo Enhanced DPDP), estas também terão propriedades de material a serem editadas.

O canvas 3D está presente, exibindo somente camadas e falhas, uma vez que são os únicos elementos que receberão materiais. **É importante salientar que a superfície exibida para cada camada do modelo não representa a malha volumétrica final do modelo, é apenas uma malha (casca) de visualização para interação.**



*Figura 20 - Material.*

Na aba lateral à direita, temos dois painéis: **MATERIALS** e **ELEMENTS**. O painel **MATERIALS** lista os materiais disponíveis para atribuição (inicialmente nenhum - Figura 21) e o painel **ELEMENTS**, tal como na etapa de Model Geometry, lista os objetos necessários para as atividades desta etapa.



*Figura 21 - Lista de materiais inicialmente vazia.*

Para adicionar um material, existem duas opções: a criação do zero e a importação.

Para iniciar do zero a criação de um material, clique no botão . Um novo material vazio será adicionado à lista de materiais, e a janela de edição de material será exibida logo em seguida (Figura 22).

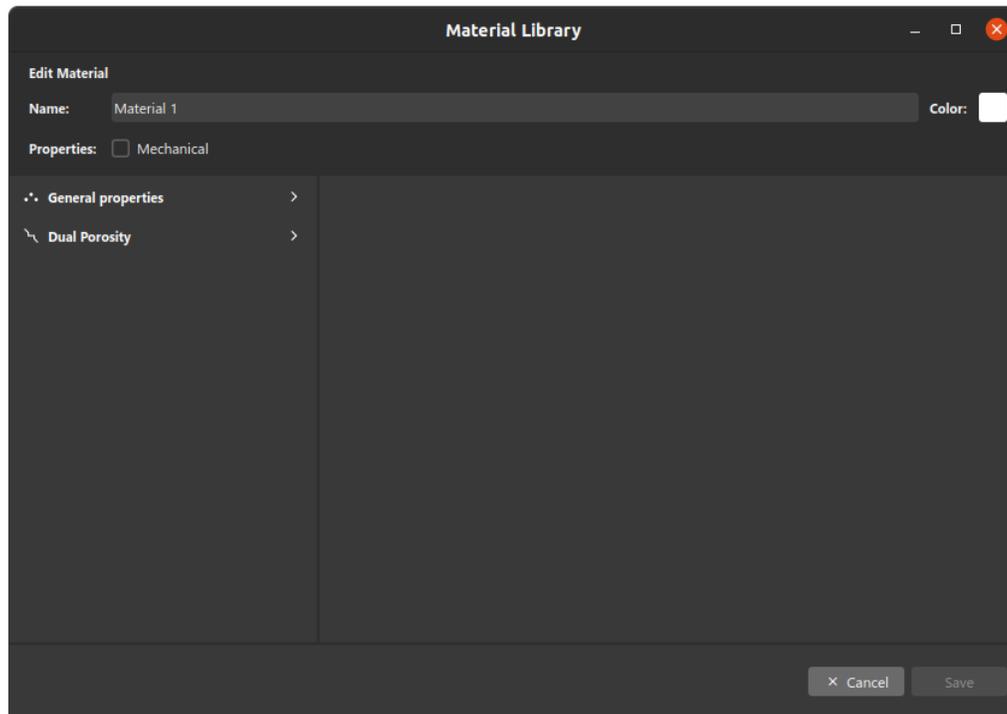


Figura 22 - Janela de novo material.

Na janela de edição, defina o nome e a cor representativa do material.

Defina também a física das propriedades desse material marcando a opção “*Mechanical*”. Esta é a única opção disponível na versão atual do JADE, porém futuras versões incluirão propriedades “*Hydraulic*”, “*Thermal*”, etc. Com essas combinações será possível criar materiais, e portanto modelos, que agregam propriedades de diferentes físicas em cada camada.

As propriedades do material são agrupadas nos níveis listados no menu vertical à esquerda da janela. Nele, existem duas opções fixas: **General properties** e **Dual Porosity**. E haverá também um menu para cada física adicionada ao material. Após clicar na opção **Mechanical**, o menu lateral recebe o nível de mesmo nome, como exibido na Figura 23.

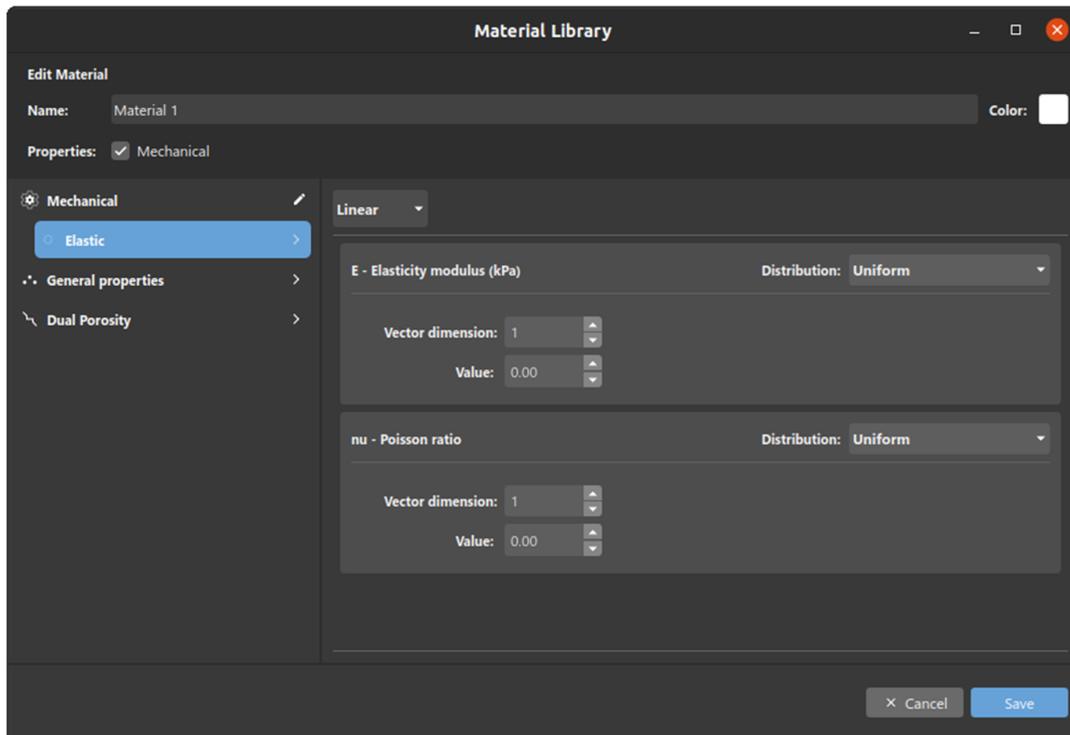


Figura 23 - Janela de edição de material com menu Mechanical.

As propriedades mecânicas são agrupadas ainda em modelos *Elastic*, *Plastic* ou *Viscous*, e podem ser adicionadas ou removidas através do diálogo (Figura 24) disparado ao clicar no botão  do nível Mechanical. O modelo elástico é sempre obrigatório em um material com a física mecânica.

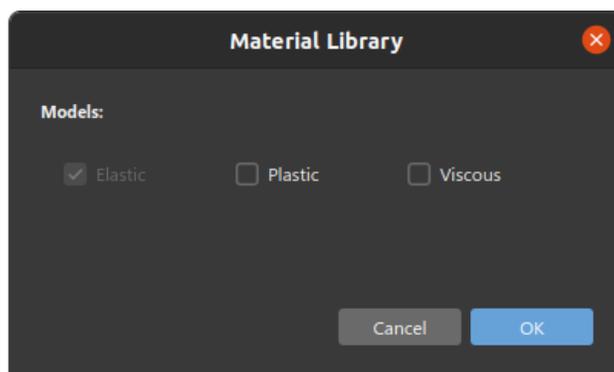


Figura 24 - Seleção dos comportamentos mecânicos.

Os modelos *Elastic*, *Plastic* e *Viscous* possuem ainda subdivisões em modelos constitutivos mais específicos. Por exemplo, um modelo *Elastic* pode ser *Linear* ou *Nonlinear*. Selecione esta opção no topo da aba *Elastic* (Figura 23).

De acordo com a opção selecionada, as propriedades correspondentes ao modelo são exibidas na interface em áreas como a exibida na Figura 25.



E - Elasticity modulus (kPa)      Distribution: Uniform

Vector dimension: 1

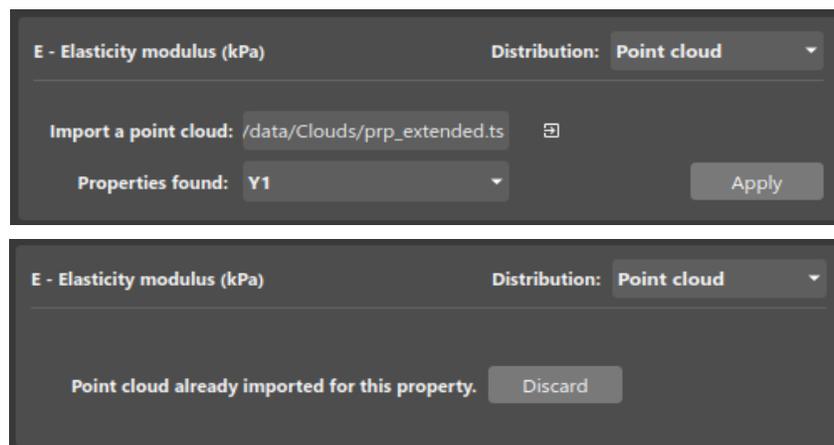
Value: 4.056E+07

Figura 25 - Painel de edição de propriedade.

Cada propriedade tem no título o seu símbolo (utilizado também pelo GeMA), seu nome descritivo, e a sua unidade entre parênteses. Para o valor da propriedade, é possível atribuir um número uniforme, usado em toda a região da camada que receber o material, ou importar uma nuvem de pontos, capaz de representar a variação daquela propriedade no espaço.

Para usar um valor fixo, selecione em *Distribution* a opção *Uniform*, e defina a dimensão do vetor da propriedade e o valor de cada componente.

Para usar uma nuvem de pontos como input para uma propriedade, selecione em *Distribution* a opção *Point Cloud*, e em seguida escolha o arquivo .TS que deseja importar, no botão , como exibido na Figura 26. Após a leitura do arquivo, as propriedades encontradas são listadas em *Properties found*. Selecione aquela que corresponde à propriedade desejada e clique em *Apply*.



E - Elasticity modulus (kPa)      Distribution: Point cloud

Import a point cloud: /data/Clouds/prp\_extended.ts 

Properties found: Y1      Apply

---

E - Elasticity modulus (kPa)      Distribution: Point cloud

Point cloud already imported for this property.      Discard

Figura 26 - Painel de edição de propriedade com opção Point Cloud.

A tabela a seguir lista todos os modelos constitutivos disponibilizados no JADE e suas respectivas propriedades:

Modelo			Símbolo	Descrição	Unidade	
Elastic	Linear		E	Elasticity modulus	kPa	
			nu	Poisson ratio	—	
		Nonlinear	k	Elastic compressibility	—	
Plastic	Mohr-Coulomb		Coh	Cohesion	kPa	
			Psi	Dilatancy angle	degree	
			Phi	Friction angle	degree	
		Modified Cam-Clay	l	Plastic compressibility	—	
			p0	Pre-consolidation pressure	kPa	
Viscous	Double-mechanism	Enhanced double-mechanism	AN1	Stress power for dislocation creep	—	
			AN2	Stress power for steady state cracking	—	
			QT	Thermal activation energy	J/mol	
			DEDT	Threshold creep rate	1/h	
			To	Threshold temperature	K	
			So	Threshold deviatoric stress	kPa	
			Multi-mechanism	R	Universal gas constant	J/(mol*K)
				Xc	Theoretical constant	1/K
				Xm	Theoretical power	—
				Xko	Transient parameter	—
				alphaH	Fitting parameter for hardening 1	—
				betaH	Fitting parameter for hardening 2	—
				deltaMin	Softening parameter	—
				A1	Structure factor for dislocation climb	1/s
A2	Structure factor for undefined mechanism	1/s				
		B1	Structure factor for dislocation glide 1	1/s		

Modelo		Símbolo	Descrição	Unidade
		B2	Structure factor for dislocation glide 2	1/s
		n1	Stress power for dislocation climb	
		n2	Stress power for undefined mechanism	
		Q1	Thermal activation energy for dislocation climb	J/mol
		Q2	Thermal activation energy for undefined mechanism	J/mol
		So	Reference stress for dislocaton glide	kPa
		Xq	Stress constant	

Na aba de **General properties** (Figura 27), encontram-se as propriedades gerais *opcionais* de um material. Uma propriedade opcional pode ser incluída ou excluída da análise através do check disponível ao lado do seu nome. Para um material mecânico, estão disponíveis as propriedades da tabela abaixo, todas *ativadas* por padrão.

Física	Símbolo	Descrição	Unidade
Mechanical	a	Biot coefficient	-
	rhob	Bulk density	kg/m <sup>3</sup>

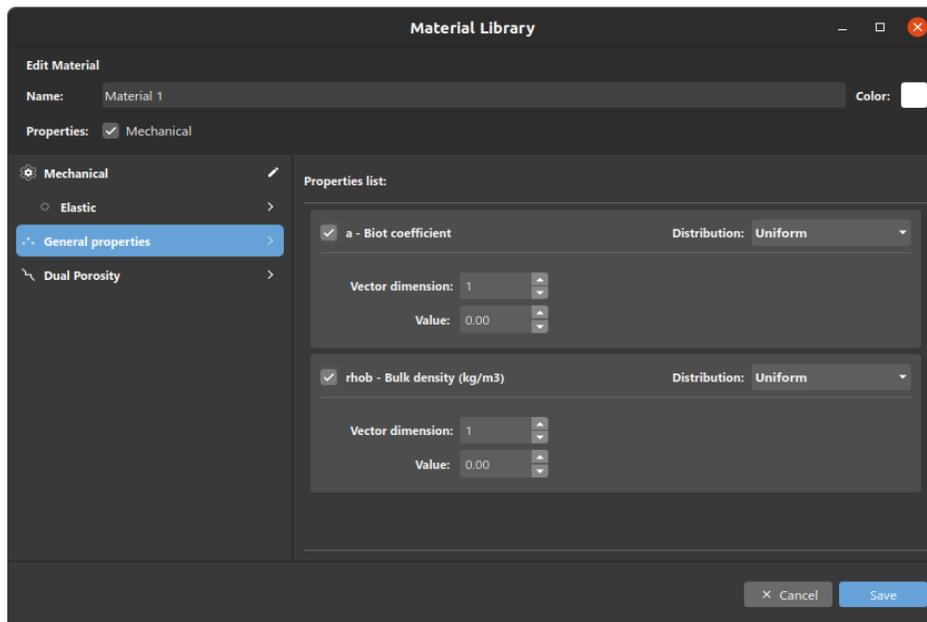


Figura 27 - Aba de General properties do Material.

Por fim, na aba de **Dual Porosity** (Figura 28), é possível definir o material editado como um material de dupla-porosidade e configurar o valor de suas propriedades. Ative o modo de dupla-porosidade no check  Active dual porosity: .

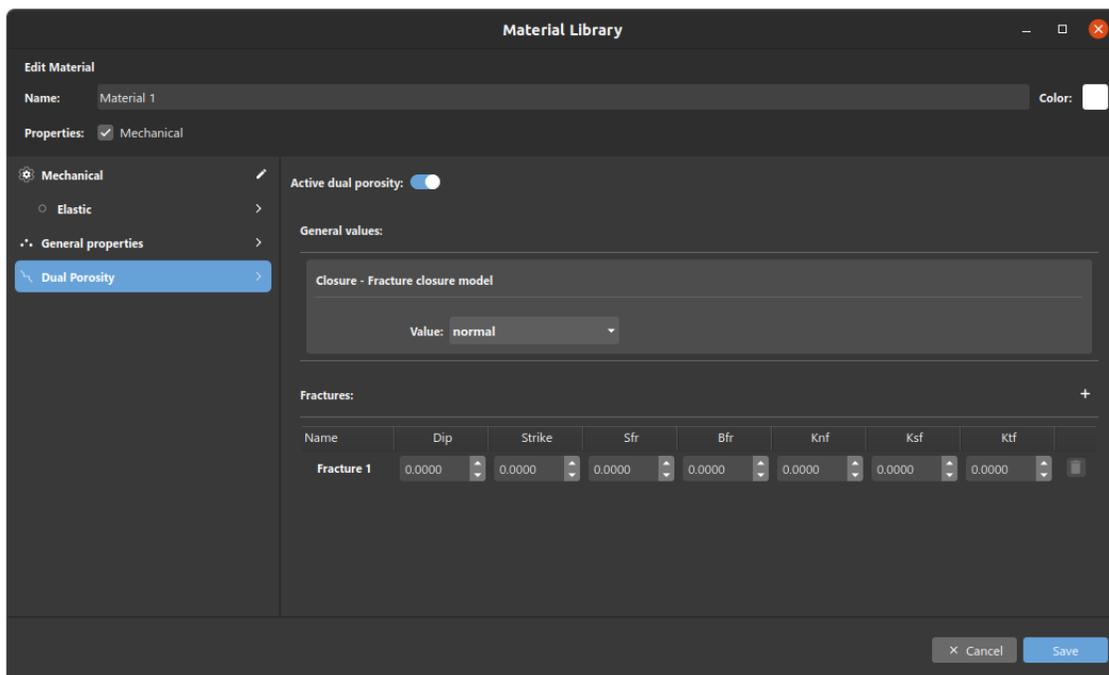


Figura 28 - Aba de Dual Porosity do Material.

Dentro da aba de Dual Porosity, existem duas áreas:

- *General values*: lista propriedades gerais para a camada que receberá o material DP. Em materiais mecânicos incluirá somente a propriedade de *Closure*:

Física	Símbolo	Descrição	Opções
Mechanical	Closure	Fracture closure model	"normal", "hardStiffness", "bartonBandis"

- *Fractures*: tabela com as famílias de fraturas e suas propriedades. Adicione novas famílias de fraturas no botão , e remova a família desejada no botão  da linha correspondente. O mínimo de uma família de fratura é obrigatório.

Em resumo, as propriedades das famílias de fraturas são:

Física	Símbolo	Descrição	Unidade
Propriedades geométricas	Dip	Angle of dip	degrees
	Strike	Angle of strike	degrees
	Sfr	Fracture spacing	m
	Bfr	Fracture aperture	m
Mechanical	Knf	Normal elastic stiffness	kPa/m
	Ksf	Shear elastic stiffness	kPa/m
	Ktf	Tangential elastic stiffness	kPa/m

Além da opção de criar um material do zero, o JADE provê também a possibilidade de importar um material de uma formação conhecida, já preenchido com valores padrão. Para fazer essa importação, de volta ao painel de materiais (Figura 21), clique no botão .

A janela de importação de material (Figura 29) será exibida. Nela, selecione em *Formation* a formação desejada, dentre as disponíveis. Para cada formação listada, existem um ou mais modelos constitutivos disponíveis.

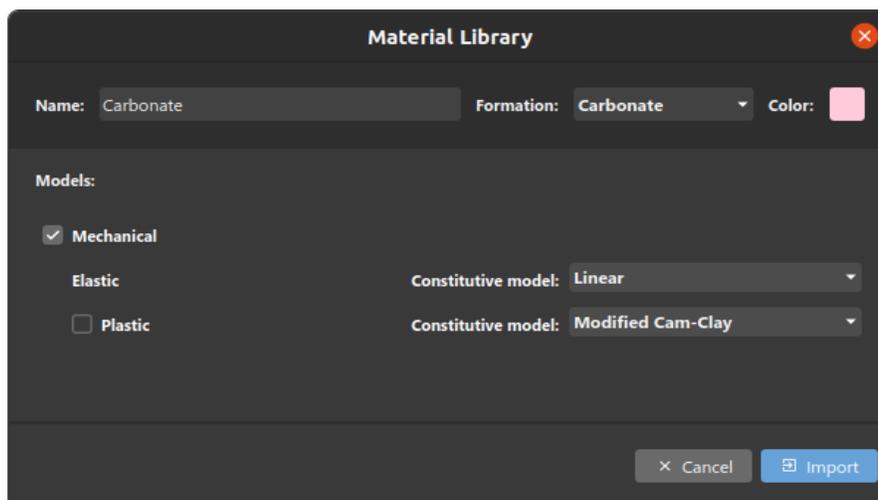


Figura 29 - Janela de importação de material.

O nome do material recebe inicialmente a sugestão do mesmo nome da formação e a cor sugerida é uma cor padrão comumente adotada, mas ambos podem ser editados durante a importação.

A tabela a seguir resume as formações disponíveis para importação no JADE e os valores de suas propriedades conhecidas para os modelos elásticos e plásticos. Esses são materiais comumente usados pelo grupo de Modelagem e Simulação Multifísica do Instituto Tecgraf/PUC-Rio em diversos tipos de simulação, desde uma análise simplesmente elástica a uma análise mais complexa, por exemplo, uma análise termo-hidro-mecânica.

Formação	Propriedades							
	Elastic			Plastic				
	Linear			Mohr-Coulomb				
		Nonlinear				Modified Cam-Clay		
	E (mPa)	nu	k	Coh (kPa)	Psi (°)	Phi (°)	I	p0 (kPa)
Anhydrite	55110	0.36	—	900	17.0	37.00	—	—
Basalt	33280	0.32	—	66200	11.0	31.00	—	—
Calcirudite	40560	0.23	—	11080	8.9	15.08	—	—
Carbonate	40560	0.23	0.00230344	11080	8.9	15.08	0.0115172	—
Conglomerate	15820	0.25	—	1100	12.0	32.00	—	—
Halite	25370	0.36	—	—	—	—	—	—

Sandstone	12500	0.19	0.0055	20000	14.0	34.00	0.0275000	—
Shale	19340	0.15	—	4800	2.0	22.00	—	—

A formação *Halite* possui ainda valores conhecidos para os modelos viscosos:

Halite - Propriedades dos modelos viscosos												
Double-mechanism												
Enhanced double-mechanism												
						Multi-mechanism						
AN1	AN2	QT (J/mol)	DEDT (1/h)	To (K)	So (kPa)	R (J/(mol* K))	Xc (1/K)	Xm	Xko	alphaH	betaH	delta Min
3.36	7.55	50160	1.89 E-06	359.15	9910	8.3143	9.198 E-03	3.00	7.75 E+04	-17.37	-7.738	0.58
Multi-mechanism												
A1 (1/s)	A2 (1/s)	B1 (1/s)	B2 (1/s)	n1	n2	Q1 (J/mol)	Q2 (J/mol)	So (kPa)	Xq			
1.638 E+27	1.924 E+06	9.981 E+06	0.04976	7.2	3.2	104500	41800	20.57 E+03	5335			

Os materiais, criados manualmente ou importados, são listados no painel de MATERIALS, como os exemplos *Calcirudite* e *Carbonate* da Figura 30. Clique no botão  do material desejado para voltar a editá-lo, ou no botão  para excluí-lo. Também é possível copiar um material, clicando no botão .

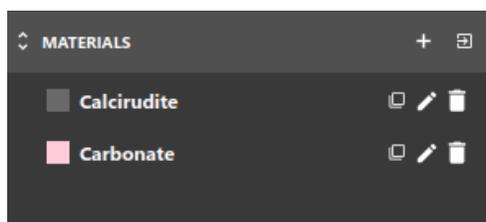
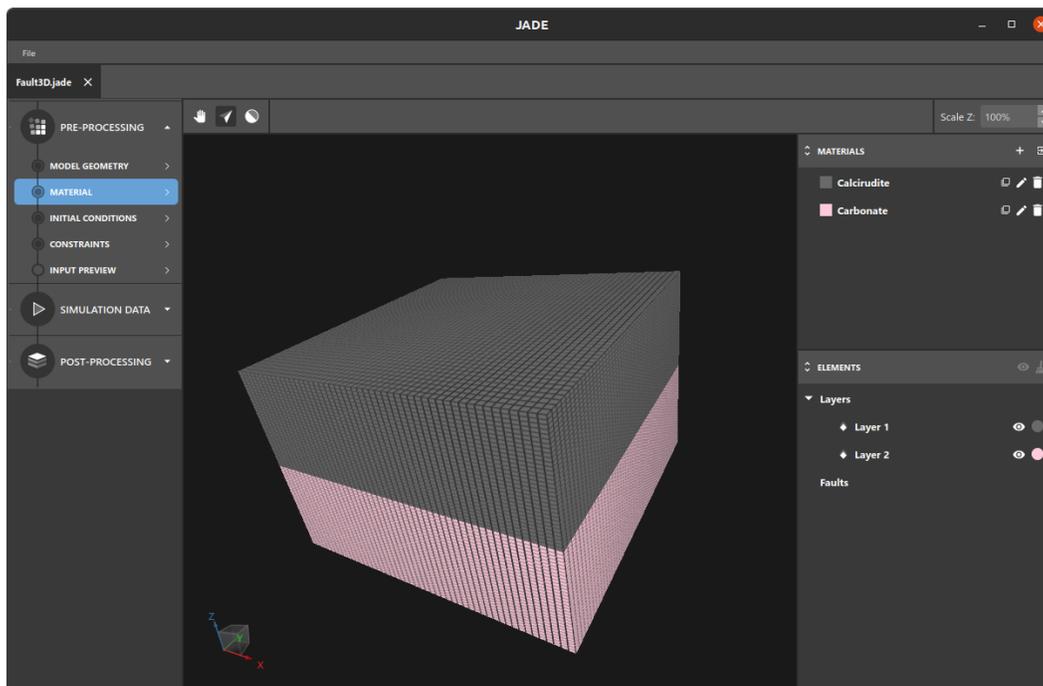


Figura 30 - Painel MATERIALS com dois materiais.

Os materiais desta lista estão disponíveis para serem atribuídos às camadas do modelo. Para fazer a atribuição, primeiramente ative a ferramenta de seleção  acima do canvas. Em seguida selecione a(s) camada(s) desejada(s) no canvas ou na árvore. E por fim, clique no

material que deseja atribuir aos elementos selecionados. Neste momento, o(s) objeto(s) no canvas e o(s) círculo(s) ao lado do(s) objeto(s) na árvore receberão a cor do material aplicado. Veja exemplo na Figura 31.



*Figura 31 - Materiais aplicados às camadas do modelo.*

Para remover o material aplicado de um ou mais objetos, selecione-os e clique no botão  do painel **ELEMENTS**.

O status da etapa Material só estará definido como completo, liberando, portanto, as etapas seguintes do JADE, quando todas as camadas possuírem material aplicado.

As falhas também são elementos que possuem material atribuído e, em especial, sempre um material de dupla-porosidade, uma vez que nesta versão do JADE, são utilizadas somente para modelagem de análises enhanced DPDP. Diferentemente das camadas, entretanto, cada material de falha é único e automaticamente atrelado a cada falha individualmente. Isto porque as propriedades do material da falha, especificamente as famílias de fratura estarão atreladas à geometria de cada falha (dip e strike).

Quando existem falhas no modelo, o painel de MATERIALS apresenta automaticamente um novo nível *Fault materials* (vide Figura 32), onde são listados os materiais de cada falha, com o mesmo nome definido para os elementos Fault adicionados.

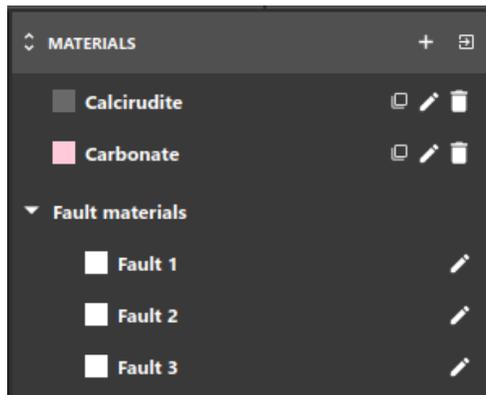


Figura 32 - Materiais de falha listados no painel MATERIALS.

Edite as propriedades de cada falha clicando no botão do material correspondente.

A janela de edição de material de falha (Figura 33) é exibida, e assemelha-se ao painel de dupla-porosidade apresentado (Figura 28), contendo uma parte com os General values e a propriedade Closure, e uma parte para configuração das famílias de fraturas.

Cada falha possui ao menos uma família de fraturas seguindo a sua própria direção, i.e., com mesmos valores de *dip* e *strike*. Portanto, essa família não pode ser removida e nem pode ter seus valores de *dip* e *strike* alterados. Mais fraturas com diferentes direções podem ser adicionadas.

O material de falha não pode ter seu nome alterado, mas pode receber uma cor. Esta cor reforça a associação falha-material no canvas e na árvore de elementos. Observe na Figura 34, um modelo com falhas exibidas na aba Material. Utilize o botão  para esconder camadas e/ou falhas e ajustar a visualização no canvas conforme desejado.

Ao exportar os scripts para o GeMA, cada falha terá sua interseção calculada com os elementos (hexaédricos) do modelo. Cada elemento interceptado receberá o material formado pela combinação do material atribuído à camada com os materiais das falhas que o interceptam. Esta é a essência do modelo *enhanced*, que permite especificar de forma mais precisa um modelo de dupla-porosidade nas regiões próximas às falhas. É possível mesclar os materiais das falhas com materiais de dupla-porosidade definidos nas camadas.

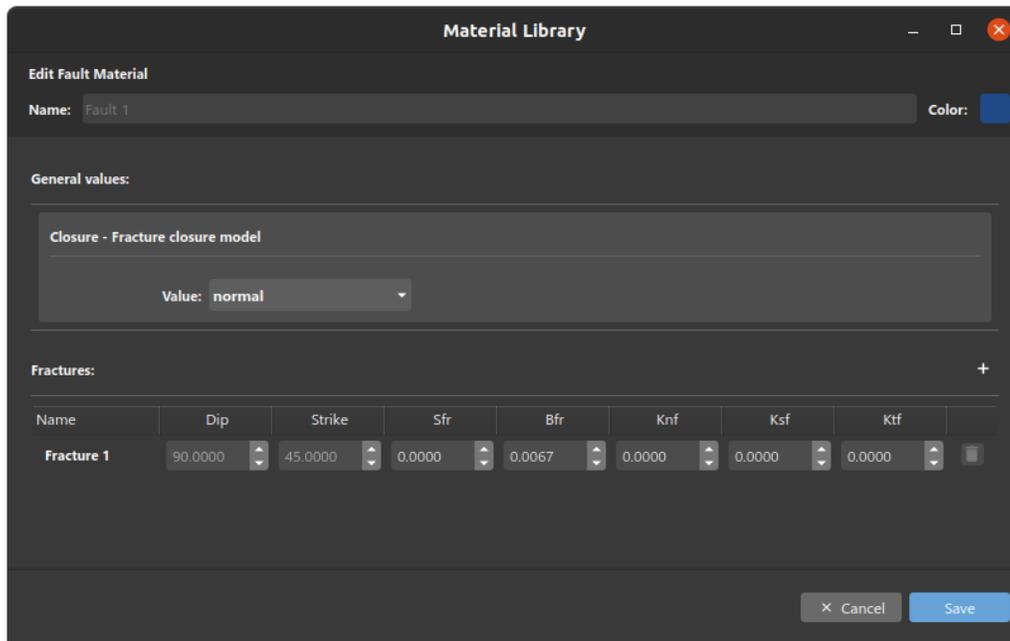


Figura 33 - Janela de edição do material de falha.

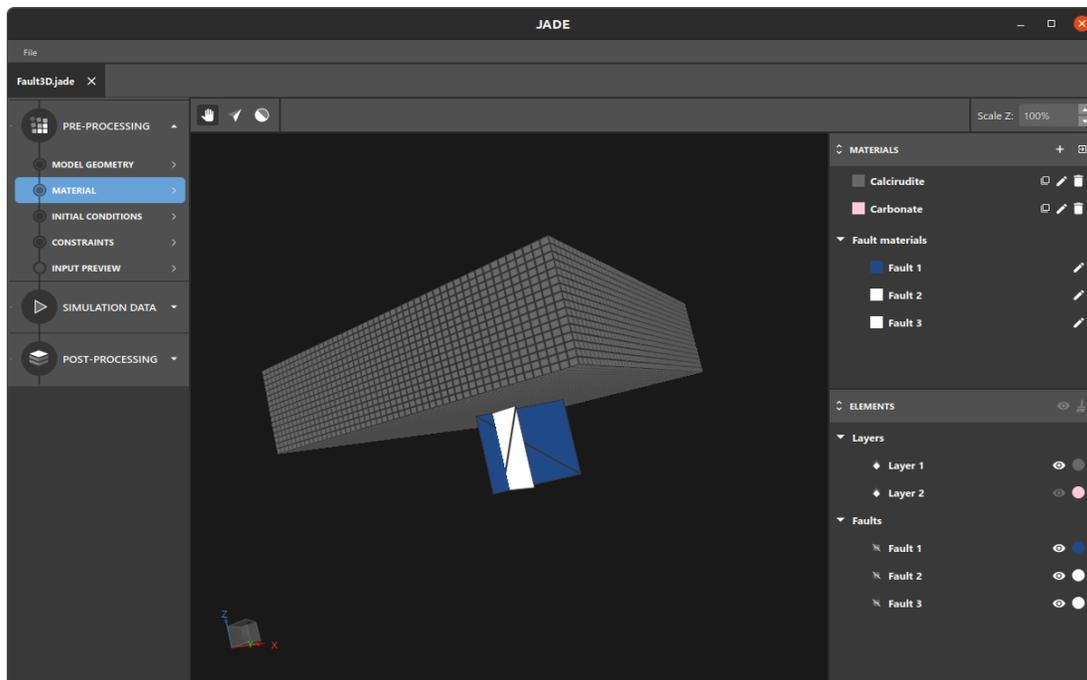


Figura 34 - Falhas exibidas na aba Material.

## 6. Initial Conditions

As condições iniciais da análise são definidas na aba de *Initial Conditions*. Essas condições se configuram como valores atribuídos para um conjunto de propriedades selecionadas, uma por vez, em cada camada do modelo.

Esta etapa (Figura 35) possui como componentes de interface:

- Uma barra superior, com as opções do tipo do Geostático e a propriedade corrente sendo visualizada e editada (Figura 36).
- O canvas 3D, que estará sempre renderizando a propriedade corrente utilizando uma tabela de cor que atualmente é fixa no JADE. À direita do canvas, exibe-se essa tabela com os seus valores por cor.
- A árvore de elementos com a lista de camadas do modelo e as opções de exibir/esconder cada camada.
- Um painel de input de valores, exibido somente quando uma ou mais camadas estiverem selecionadas.

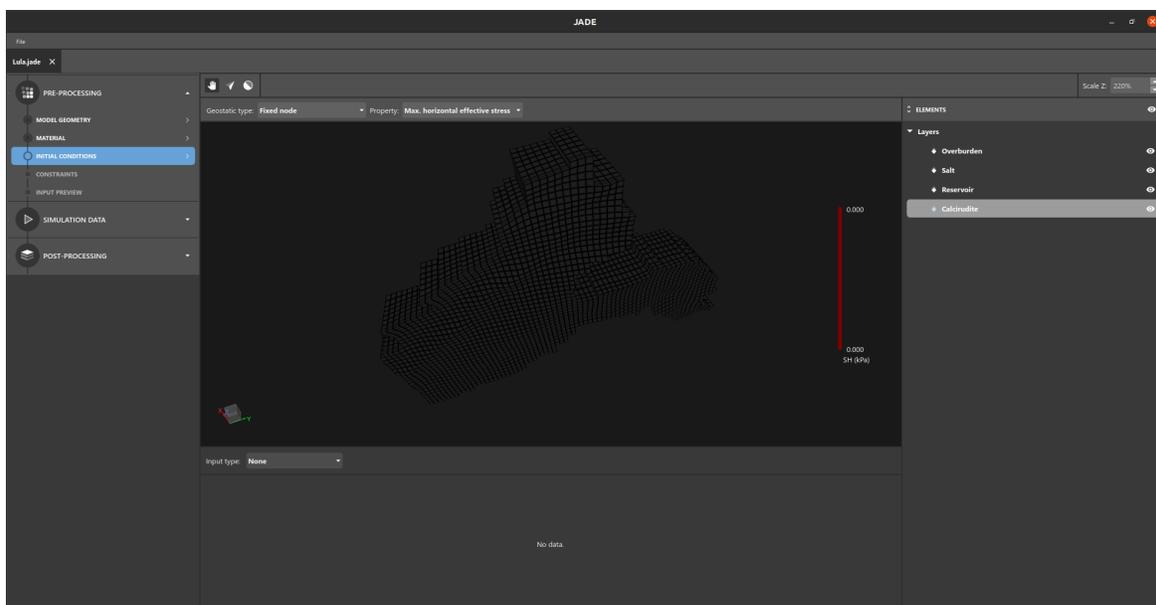


Figura 35 - Initial Conditions.

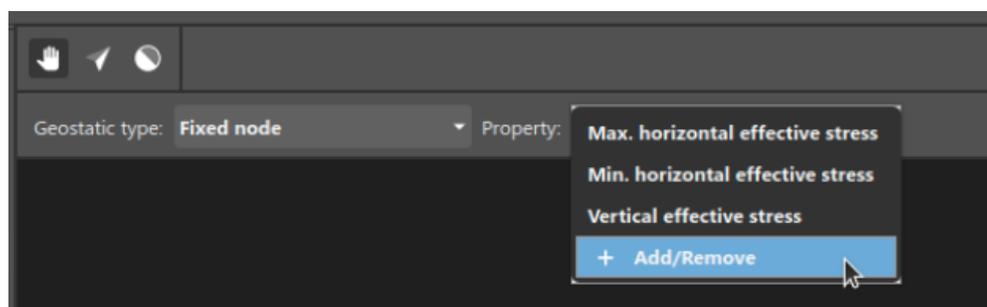


Figura 36 - Conjunto de propriedades selecionadas na aba de Initial Conditions.

O *dropdown Property* contém como opções um conjunto de propriedades selecionadas para a análise. Para definir este conjunto, dentro do *dropdown*, clique na opção *Add/Remove* para abrir a janela *Add Properties* (Figura 37). Na janela, clique em  ao lado da propriedade desejada para movê-la da lista de propriedades disponíveis, à esquerda, para a lista de propriedades selecionadas, à direita. Clique em  para fazer o movimento contrário.

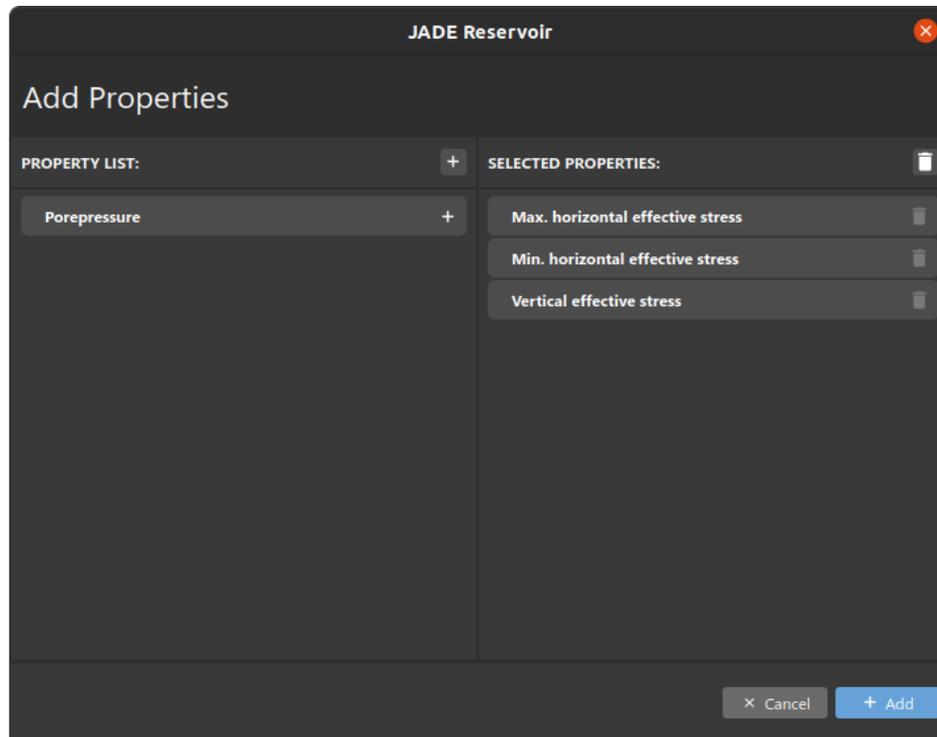


Figura 37 - Janela de seleção de propriedades.

No JADE, as três componentes de tensão (*minimum horizontal effective stress*, *maximum horizontal effective stress* e *vertical effective stress*) apresentam-se como diferentes propriedades, e são obrigatórias para um modelo mecânico, não podendo, portanto, ser removidas na janela de seleção de propriedades. A propriedade de poropressão está na lista de propriedades disponíveis e pode ser incluída na análise.

Para definir o valor inicial de uma propriedade, primeiramente selecione-a como propriedade corrente no *dropdown Property*. Em seguida, selecione uma ou mais camadas do modelo. Neste momento, o painel de input é exibido abaixo do canvas. Ele exibe o valor atualmente atribuído às camadas selecionadas. Redimensione-o quando necessário para permitir melhor manipulação dos dados.

No painel de input, selecione o tipo de input que deseja utilizar para a propriedade e as camadas selecionadas. Os tipos de input disponíveis no JADE são: **None**, **Uniform**, **Curve (Z x value)** e **Point Cloud**.

Inicialmente todas as propriedades e camadas iniciam com o input **None**, que significa “nenhum valor atribuído”. As propriedades obrigatórias, como as componentes de tensão, exigem valor definido em todo o modelo, e por isso, **não é possível avançar para a etapa de Constraints sem definir o valor de tensão para todas as camadas**.

Selecionando a opção **Uniform** (Figura 38), um único valor é atribuído uniformemente a toda a região da(s) camada(s) selecionada(s). Este valor pode conter uma ou mais componentes, o que pode ser definido editando-se o campo “*Vector dimension*”. Entretanto, para as propriedades atualmente disponibilizadas no JADE (tensão e poropressão), esta configuração não é necessária, recomenda-se manter a dimensão 1. A visualização no canvas hoje também corresponde somente à primeira componente.

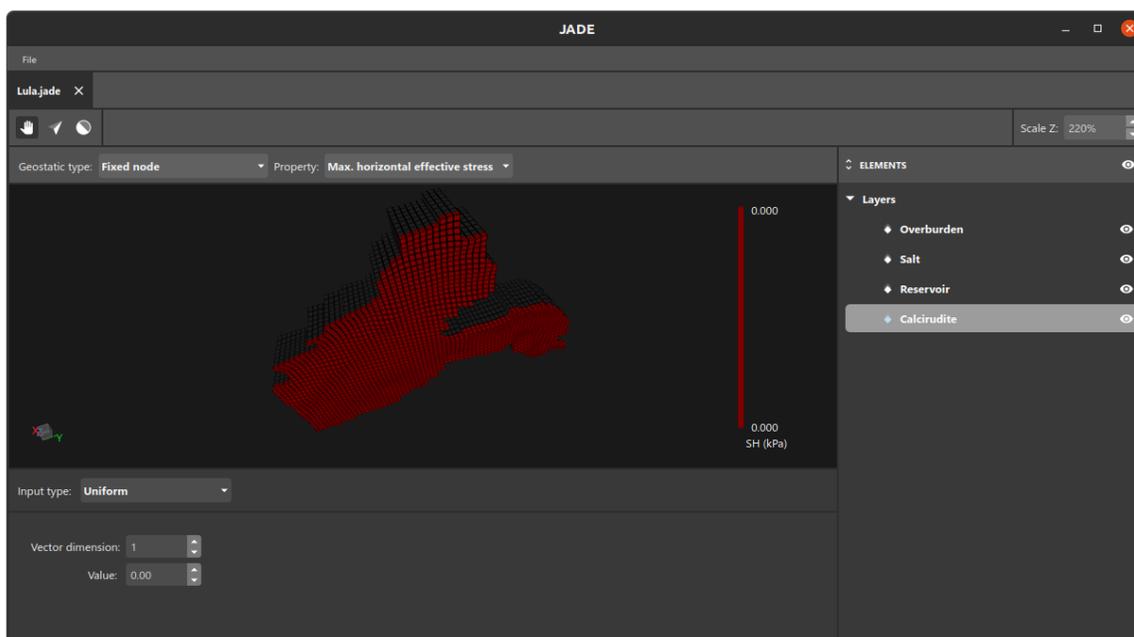


Figura 38 - Propriedade atribuída a camada utilizando o tipo de input Uniform.

Com a opção **Curve (Z x value)**, é possível atribuir ao modelo valores por profundidade, utilizando um perfil. A curva pode ser editada em dois modos: *Graphics* e *Table*.

No modo *Graphics* (Figura 39), um canvas 2D é exibido com o eixo Y representando a profundidade do modelo e o eixo X representando o valor da propriedade. Inicialmente a curva possui apenas dois pontos, posicionados especificamente no topo e na base do modelo. Não altere a posição Y desses valores caso queira garantir que a curva continue casando perfeitamente com o modelo.

Adicione novos pontos clicando na curva enquanto pressiona *Ctrl*. O cursor apresentará o símbolo + quando for possível adicionar pontos. Para remover pontos adicionados clique no ponto, também pressionando *Ctrl*. Neste momento o cursor apresentará o símbolo -.

Para mover qualquer ponto clique e arraste-o. É possível também selecionar e arrastar mais de um ponto, usando *Shift* para fazer a seleção múltipla. Para fazer a edição mais precisa das coordenadas de um ponto selecionado, utilize os campos X e Y no painel lateral. Neste

mesmo painel utilize as opções de *min* e *max* para configurar o range X visualizado no canvas e permitir melhor interação.

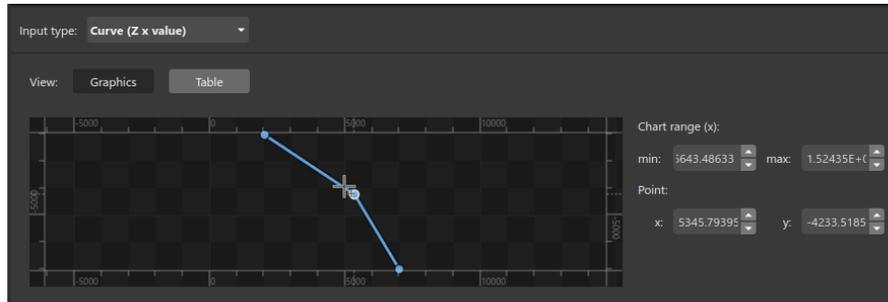


Figura 39 - Edição de propriedade usando input Curve e visão Graphics.

No modo *Table*, preferível para uma configuração mais rápida e precisa, a curva é exibida em modo tabela, com uma coluna para as profundidades (Z) e outra para os valores. Observe, na Figura 40, um exemplo de modelo configurado utilizando o input de Curva, e a visualização desta no modo *Table*.

É importante ressaltar que **a curva é única por propriedade**, ao selecionar uma ou mais camadas e configurá-las com o tipo de input curve, uma única para todas elas estará sendo editada.

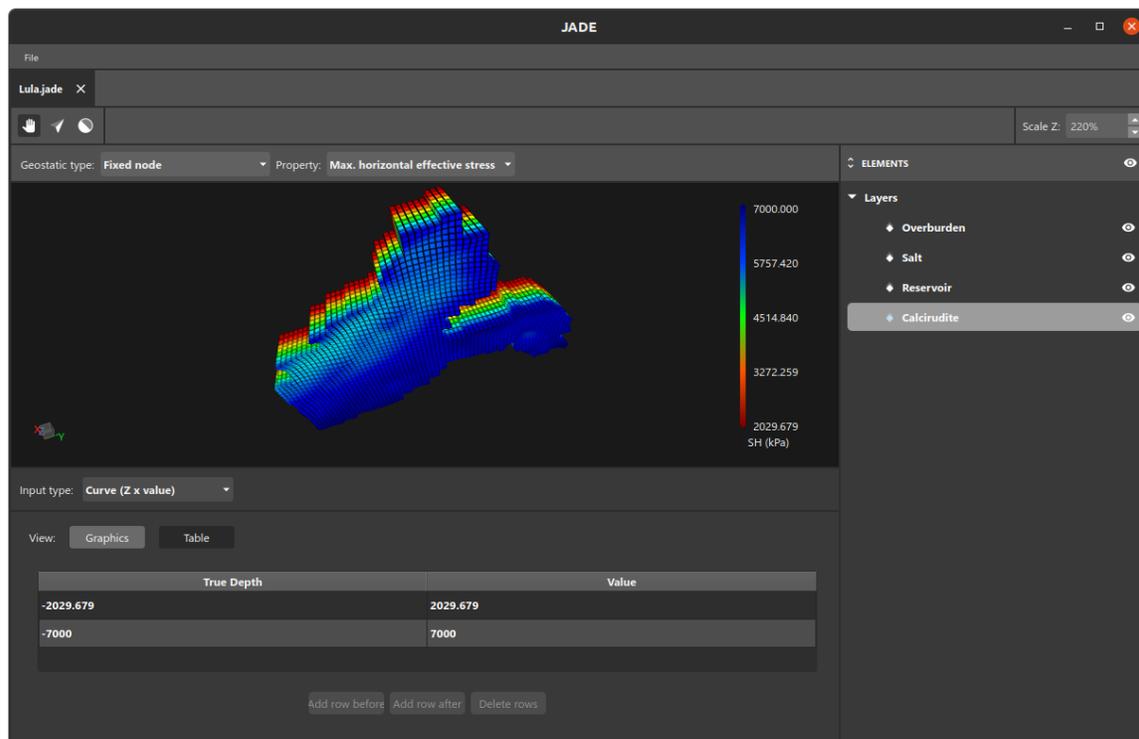


Figura 40 - Edição de propriedade usando input Curve e visão Table.

Por último, o input de uma ou mais camadas pode ser definido utilizando uma nuvem de pontos, selecionando o tipo **Point Cloud**. Este input é feito de forma similar ao apresentado na janela de edição de materiais, porém com mais formatos de arquivo suportados. É possível importar arquivos:

.TS	Formato exportado pelo GoCAD.
.POS	<a href="#">Formato Neutral File (Tecgraf)</a> , exportado pelo GeoFlux, por exemplo.
.OUT	Formato exportado pelo <a href="#">IMEX</a> , normalmente acompanhado por um arquivo .DAT, que será procurado no mesmo diretório e deverá ser informado, quando não encontrado.

Clique no botão *Import* para selecionar o arquivo para importação. Após a leitura, o campo *Properties found* listará as propriedades encontradas no arquivo. Selecione aquela que corresponde à propriedade sendo configurada. No caso dos arquivos .POS e .OUT, que possuem informações por time steps, é preciso ainda selecionar o time step que deseja utilizar como condição inicial. Ao finalizar as seleções, clique em *Apply*. Veja a Figura 41, que ilustra estas etapas.

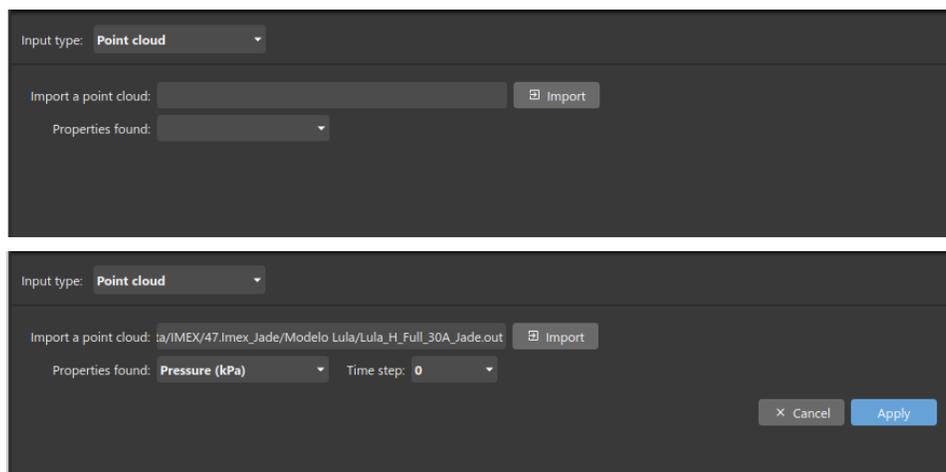


Figura 41 - Edição de propriedade usando input Point Cloud.

Após clicar em *Apply* os valores são transferidos para a(s) camada(s) e são exibidos no canvas, como mostrado na Figura 42.

A transferência é feita da seguinte forma: utilizando o método dos mínimos quadrados, os pontos da nuvem de pontos importada são utilizados para definir uma função cúbica  $F(x, y, z)$ , capaz de aproximar o valor da propriedade em um ponto qualquer no espaço. Esta função passa a representar a nuvem importada, cujos pontos originais são descartados. Utilizando a função, o valor da propriedade é calculado tanto para a malha de visualização das camadas, exibida no canvas, quanto para a malha final da simulação, no momento da exportação dos scripts para o GeMA.

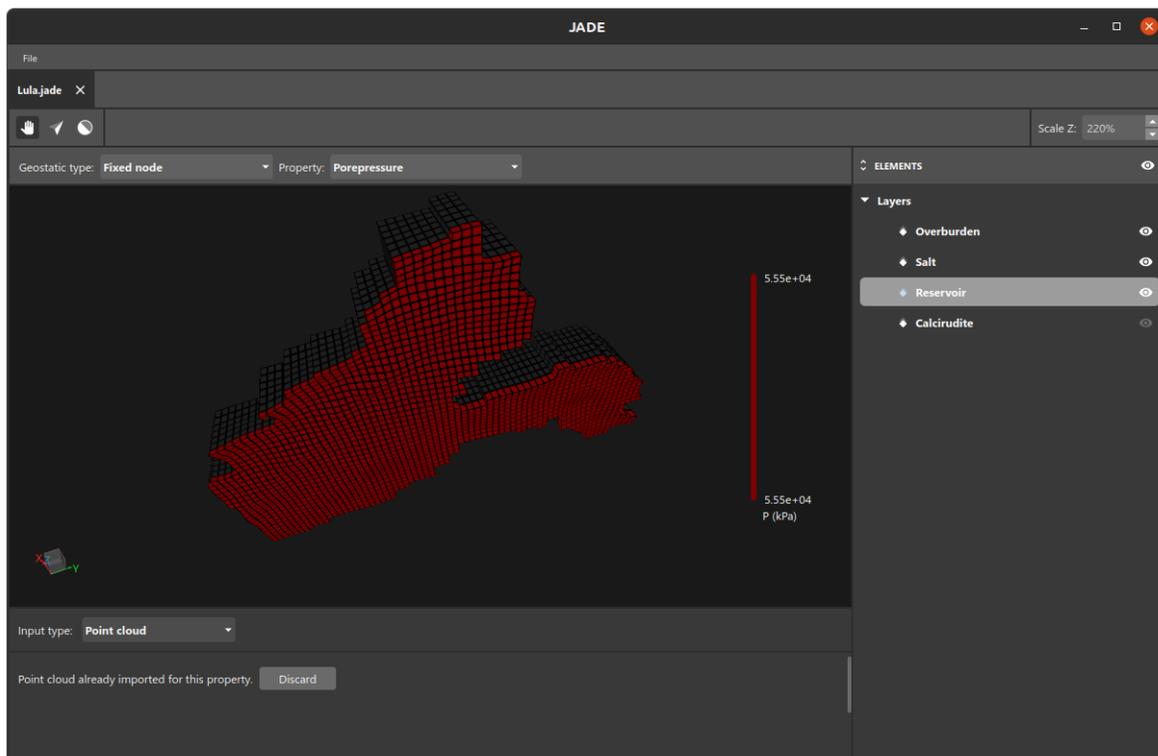


Figura 42 - Nuvem de pontos de poropressão inicial aplicada ao modelo.

Com relação à configuração do geostático para os modelos mecânicos, dois modos estão disponíveis: **Fixed node** e **Self weight**, no campo *Geostatic type* da barra superior (Figura 36).

No modo **Fixed node**, o usuário precisa fornecer manualmente os valores de todas as componentes de tensão (*minimum horizontal effective stress*, *maximum horizontal effective stress* e *vertical effective stress*) em todas as camadas do modelo. Para isso, utilize o painel de input e o tipo de input desejado em cada modelo e camada.

Caso o tipo de geostático selecionado seja o **Self weight**, os valores de tensão são calculados automaticamente utilizando-se a geometria do modelo e os valores de densidade (*rhob - Bulk density*) e poisson (*nu - Poisson ratio*) definidos nos materiais aplicados. Esses valores serão efetivamente calculados pelo GeMA durante a execução da simulação. No entanto, o JADE fornece um *preview* do estado de tensão inicial na malha de visualização, o que permite ao usuário verificar se esse estado inicial está correto.

Ao trocar a opção para **Self weight**, qualquer valor previamente inputado no modo **Fixed node** será descartado. Uma mensagem pedindo a confirmação dessa edição será exibida (Figura 43).

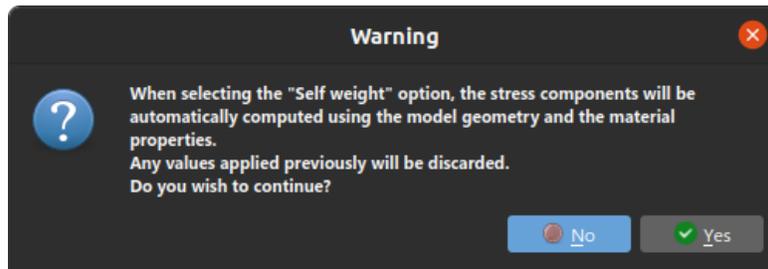


Figura 43 - Mensagem de alerta exibida ao selecionar Self weight como tipo do geostático.

Caso alguma das propriedades necessárias para o cálculo da tensão inicial esteja faltando, um alerta será exibido (Figura 44) com a correção necessária, retornando o tipo do geostático para o modo Fixed node.

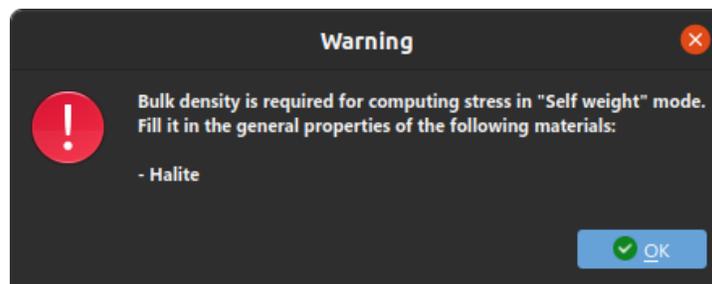


Figura 44 - Alerta de propriedades faltando para o cálculo da tensão no modo Self weight.

A Figura 45 exibe um exemplo de modelo cujo valor de tensão inicial foi calculado automaticamente pelo JADE no modo Self weight.

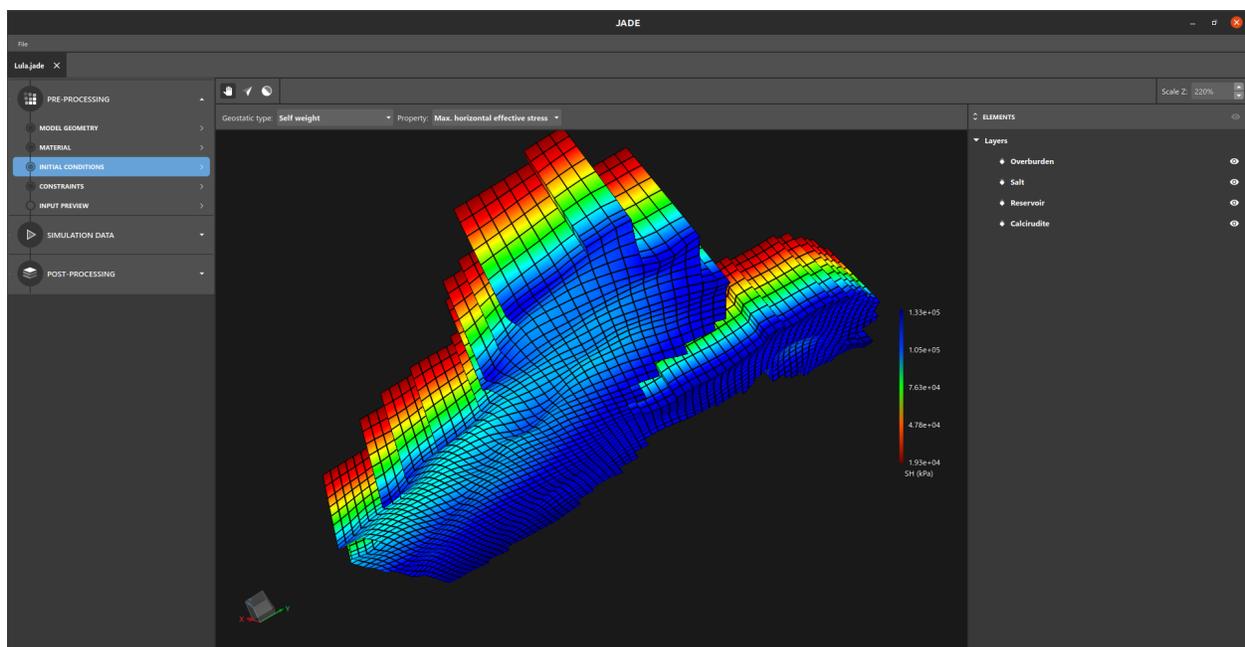


Figura 45 - Valor inicial de stress calculado automaticamente no JADE no modo Self weight.

## 7. Constraints

Na etapa de Constraints, são configuradas as restrições do modelo. Em especial, para os modelos mecânicos, hoje são definidos nesta etapa somente os carregamentos de propriedades para steps de tempo conhecidos.

Em termos de interface, a aba de Constraints se assemelha à etapa anterior, de Initial Conditions. Existe uma barra superior que apresenta a propriedade corrente, e que, na aba de Constraints, inclui também os controles do tempo (*time step*) corrente. Propriedade e tempo correntes definem o que está sendo visualizado e editado no canvas e painel de input, ambos também presentes nesta etapa.

Ao entrar na etapa de Constraints, nenhuma propriedade ou tempo está definido ainda, e a interface se apresentará como na Figura 46, somente com as camadas listadas no painel ELEMENTS e exibidas no canvas, em cinza. Caso não haja carregamentos a serem feitos no modelo, pode-se passar diretamente para a aba de Input Preview, sem nenhuma edição.

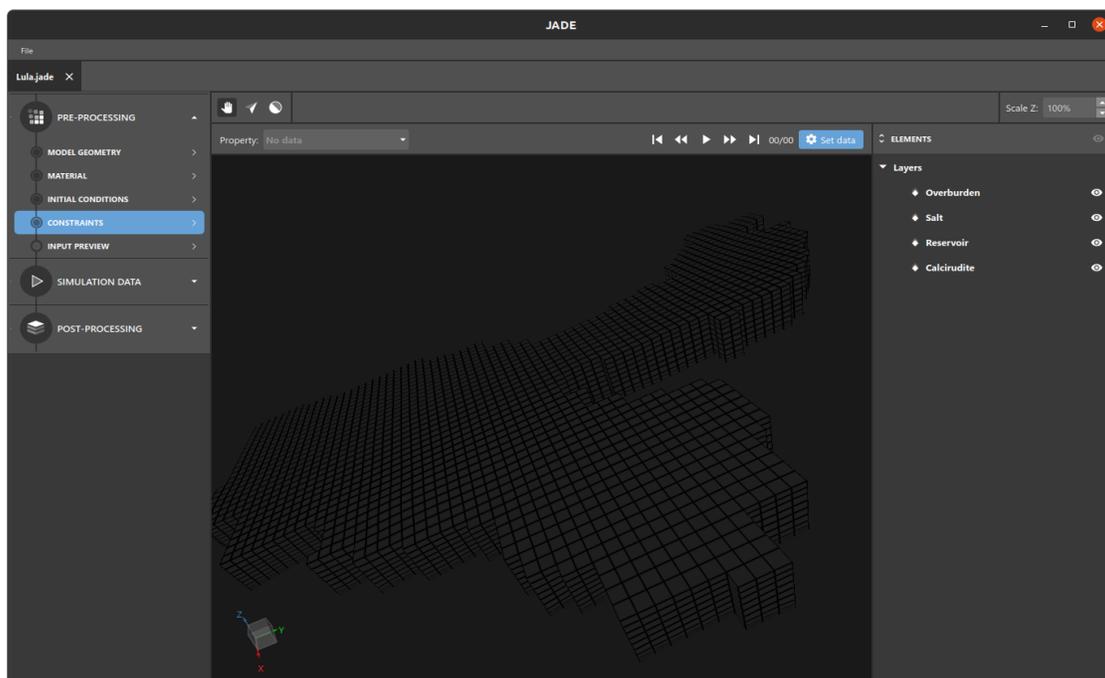


Figura 46 - Constraints.

A definição das propriedades e dos *time steps* é sempre feita na janela de **Timeline setup** (Figura 47), exibida ao clicar no botão *Set data*. Dentro da janela, quando não existem *time steps*, é exibido um painel para geração de um conjunto uniformemente distribuído no tempo, com as opções de step inicial e final, sempre em dias, e da quantidade de steps. Defina essas informações e clique em *Generate*.

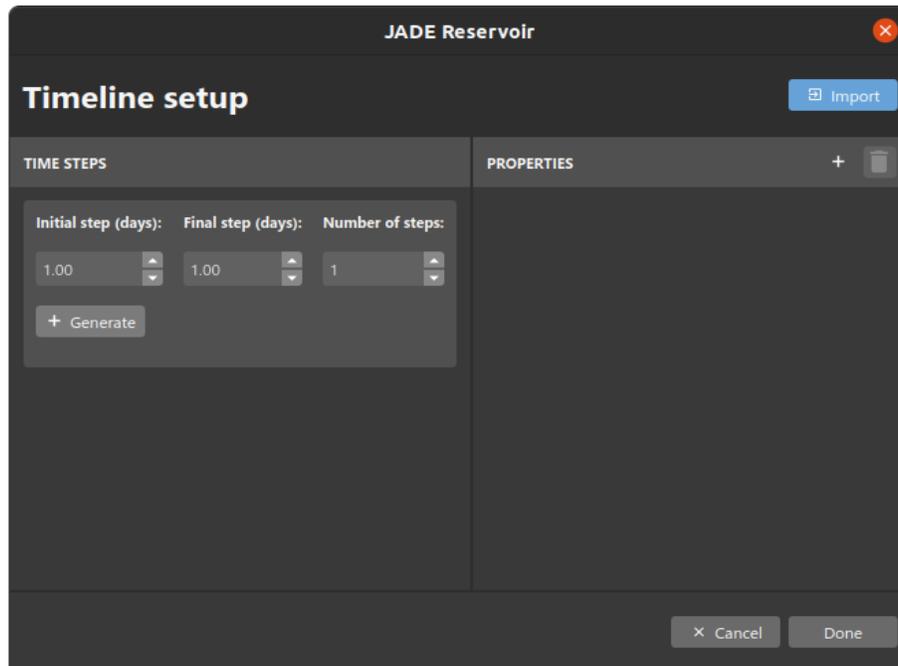


Figura 47 - Janela de configuração de time steps e propriedades na aba de Constraints.

A Figura 48 exibe um exemplo de um conjunto de cinco steps gerados do tempo 1 ao tempo 100. Cada step possui o seu tempo em dias, que pode ser editado manualmente.

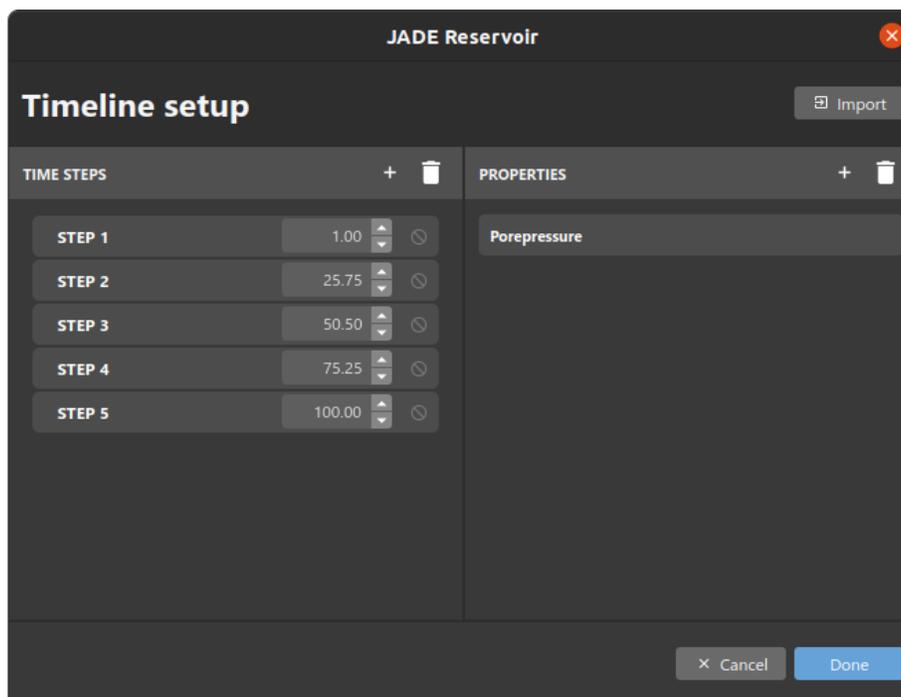


Figura 48 - Exemplo de time steps e propriedade selecionada.

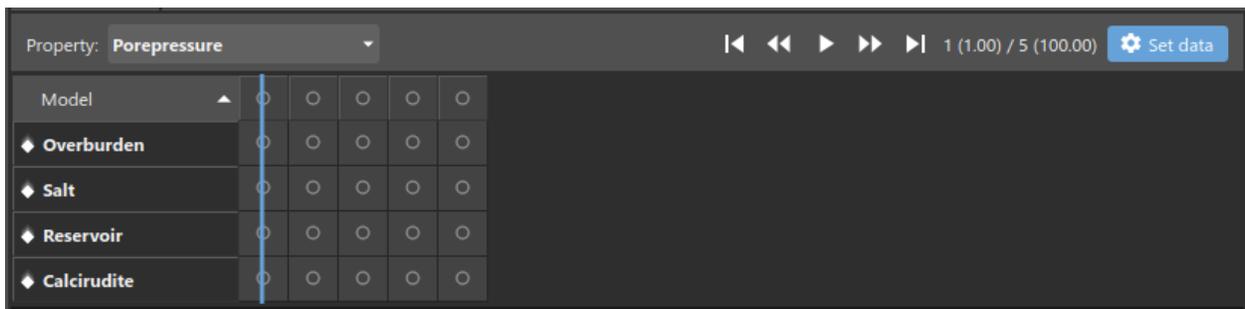
Os steps precisam estar em ordem crescente de tempo, sem tempos repetidos. Caso alguma dessas condições não seja satisfeita, não será permitido prosseguir com a configuração, e o botão de *Done* é desabilitado.

Insira novos steps clicando no botão  em TIME STEPS. Caso algum step esteja selecionado, o novo step será inserido entre este e o próximo step, com o tempo médio entre os dois. Caso nenhum step esteja selecionado, o novo step é inserido ao final da lista, com tempo sugerido como a extrapolação dos steps anteriores. Remova steps selecionando-os e clicando no botão .

Bloqueie um step clicando no botão  do step correspondente. Um step bloqueado é removido da visualização e desconsiderado da análise como um todo, sem ser definitivamente removido do projeto.

Para definir o conjunto de propriedades, clique no botão  em PROPERTIES, e selecione as propriedades desejadas na janela de seleção que se abrirá (Figura 37). As tensões não podem ser prescritas em time steps no modelo mecânico, e por isso não estão disponíveis para seleção na etapa de *Constraints*. Remova propriedades selecionadas clicando em .

Ao fechar a janela de edição de tempos e propriedades com ao menos uma propriedade selecionada e um step de tempo, a **tabela de inputs** é exibida (Figura 49).



Property: Porepressure	Model	Step 1	Step 2	Step 3	Step 4	Step 5
Model	○	○	○	○	○	○
◆ Overburden	○	○	○	○	○	○
◆ Salt	○	○	○	○	○	○
◆ Reservoir	○	○	○	○	○	○
◆ Calcirudite	○	○	○	○	○	○

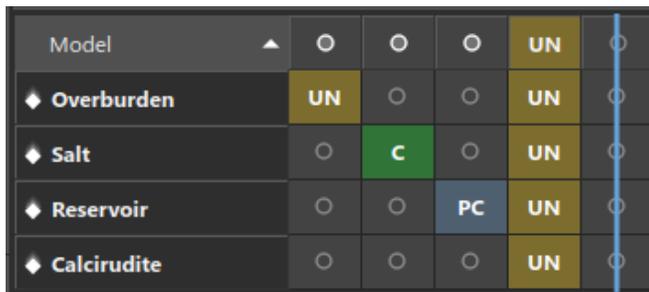
Figura 49 - Tabela de inputs por camada e tempo.

Esta tabela resume e permite a edição dos inputs da propriedade selecionada, que acontece por camada (linhas) e step de tempo (colunas). Cada célula da tabela apresenta como símbolo o tipo de input atribuído a ela pelo usuário, e os tipos de input disponíveis são os mesmos do Initial Conditions: None, Uniform, Curve (Z x value) e Point Cloud.

Os símbolos adotados para cada tipo de input são listados na tabela a seguir. O cabeçalho de cada coluna também exibe o símbolo do input correspondente ao definido em todas as suas células, ou um símbolo especial quando estas divergem. A tabela pode ser contraída, clicando no seu cabeçalho *Model*, para aumentar a área de exibição do canvas, ou também caso se deseje trabalhar com inputs gerais para todo o modelo, e não por camada.

A Figura 50 exibe um exemplo de situação com os diferentes tipos de input na tabela.

	Input do tipo Uniform.
	Input do tipo Curve (Z x value).
	Input do tipo Point Cloud.
	Nenhum input (None).
	Inputs divergentes na coluna.



Model				UN	
Overburden	UN			UN	
Salt		C		UN	
Reservoir			PC	UN	
Calcirudite				UN	

Figura 50 - Tabela de inputs com exemplos de diferentes tipos de input configurados.

Selecione uma célula da tabela para editar o tipo e valor da propriedade para a camada e o tempo correspondentes. A seleção múltipla também é válida e pode ser feita: i) de forma contígua, clicando e arrastando nas células da tabela; ii) de forma livre, pressionando *Ctrl* e clicando nas células desejadas; iii) clicando no cabeçalho horizontal ou vertical para selecionar respectivamente linhas ou colunas inteiras.

A seleção dos objetos também é refletida no painel de ELEMENTS à direita da interface, e, quando a ferramenta de seleção  está ativa, pode ser feita através do canvas também. Observe exemplo na Figura 51, uma célula da tabela selecionada e a sua camada correspondente.

Quando uma ou mais células da tabela estão selecionadas, o painel de input é exibido abaixo do canvas, tal como na etapa de Initial Conditions. Este painel apresenta e permite a edição do tipo de input e do valor atribuído à seleção. Como esta atribuição é feita individualmente, alguns cenários podem ocorrer no painel de input, com a seleção de mais de uma célula, i.e., mais de um par de camada-tempo:

- Toda a seleção possui o mesmo tipo de input e o mesmo valor: Neste caso, o tipo e o valor são exibidos no painel.
- A seleção possui tipos de input diferentes: A mensagem “*Divergent data selected*” é exibida; o tipo de input fica em branco e é possível definir um novo tipo para a seleção.

- A seleção possui o mesmo tipo Uniform mas valores diferentes: Se é a dimensão que difere, esta aparece em branco e pode ser editada. Se é o valor que difere, os campos de valor aparecem em branco e podem ser editados.
- Os pares possuem o mesmo tipo Curve mas curvas diferentes: A mensagem “*Divergent curves selected*” é exibida, juntamente com um botão de Reset. Este botão reseta todas as curvas selecionadas para uma curva inicial de profundidade igual aos limites do modelo e valor de propriedade zero.
- Quando o tipo de input definido para a seleção é Point Cloud, como o valor da nuvem (ou da função interpolada) não é exibido no painel, não há comparação de divergência entre as seleções.

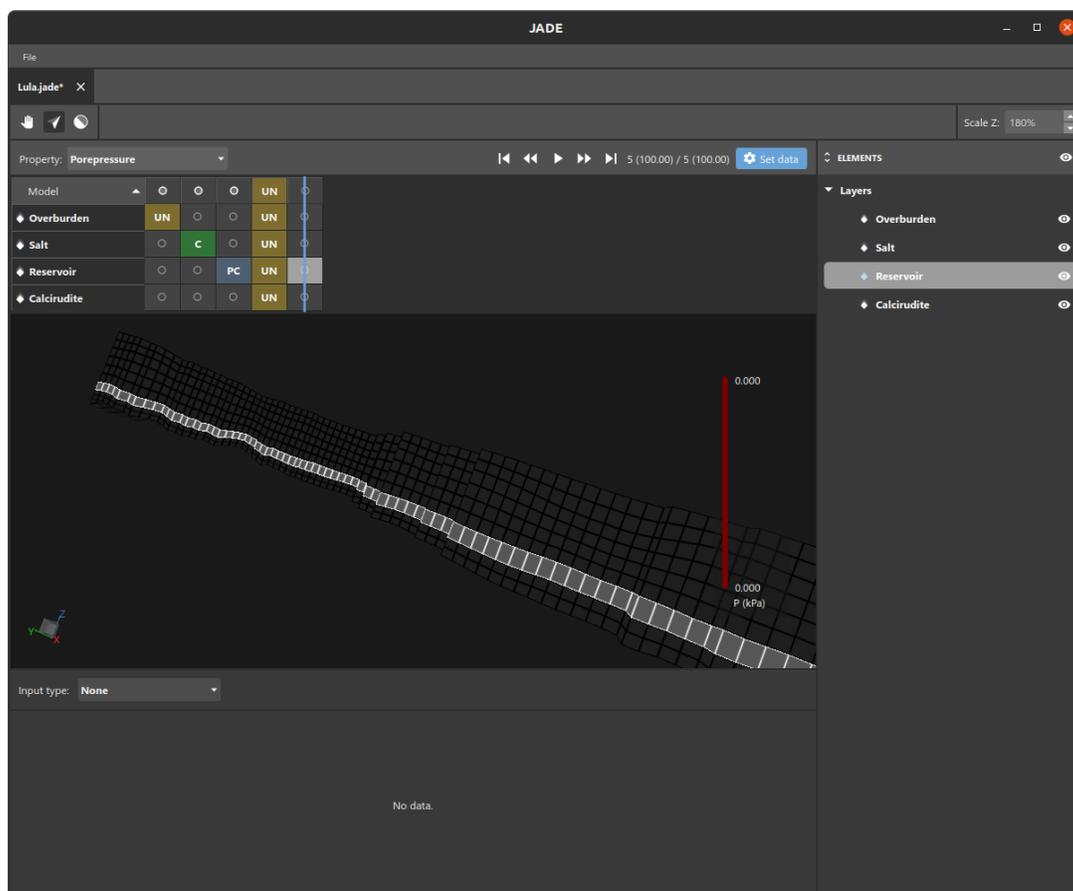


Figura 51 - Camada selecionada na aba de Constraints.

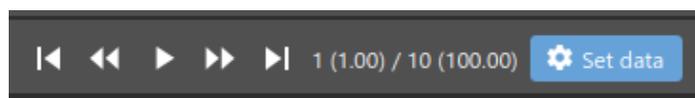
No painel de input, a edição de tipo e valor ocorre da mesma forma que na etapa de Initial Conditions.

Para o tipo de input Curve, é importante frisar que, tal como no Initial Conditions onde existe uma única curva para cada propriedade, na aba de Constraints, existe uma curva única para cada propriedade em cada step de tempo. Em outras palavras, não existe uma curva para

cada camada. Ao editar uma curva em uma camada específica, se estará editando a curva única daquela propriedade e tempo, utilizada para todo o modelo.

O canvas exibe sempre o valor da propriedade corrente no tempo corrente. A posição (coluna) do *slider* azul exibido sobre a tabela de input (Figura 50) indica o tempo corrente. Para alterá-lo, clique e arraste o slider, ou utilize os controles de tempo da barra superior (Figura 52), cujos botões são:

	Ir para o primeiro step.
	Voltar um step.
	Iniciar animação. A animação avança os steps automaticamente, partindo do step corrente até o último.
	Pausar animação. Exibido quando existe uma animação em curso.
	Avançar um step.
	Ir para o último step.



*Figura 52 - Painel de controle do tempo corrente.*

O painel de controle de tempo exibe também o número e tempo do step corrente, e o total de steps (e de tempo) definido.

Além de criar e definir tudo manualmente, é possível também importar time steps e nuvens de pontos a partir de arquivos gerados em softwares externos, como GeoFlux, GeMA e IMEX. Para isso, utilize o botão *Import* da janela de *Timeline setup* (Figura 47). Clique no botão e selecione o arquivo .POS ([Neutral File / Tecgraf](#)) ou .OUT ([IMEX](#)) desejado.

Estes arquivos normalmente incluem o tempo zero da análise, que no JADE configuramos dentro da etapa de Initial Conditions. Por isso, quando encontrado no arquivo importado, o tempo zero será ignorado e a mensagem da Figura 53 será exibida.

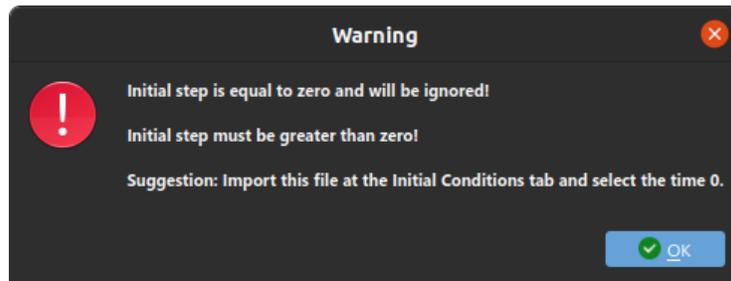


Figura 53 - Mensagem de alerta sobre tempo zero encontrado em arquivo importado.

Como mostrado na Figura 54, ao finalizar a leitura de arquivo, todos os steps lidos serão exibidos na lista de time steps. E todas as propriedades encontradas no arquivo serão listadas à direita para seleção na aba IMPORT DATA. Selecione aquelas que deseja importar e a quais propriedades do JADE elas correspondem, e clique em *Import* para finalizar a importação. É importante ressaltar que **os tempos e propriedades importadas substituirão quaisquer informações previamente inputadas na etapa de Constraints**.

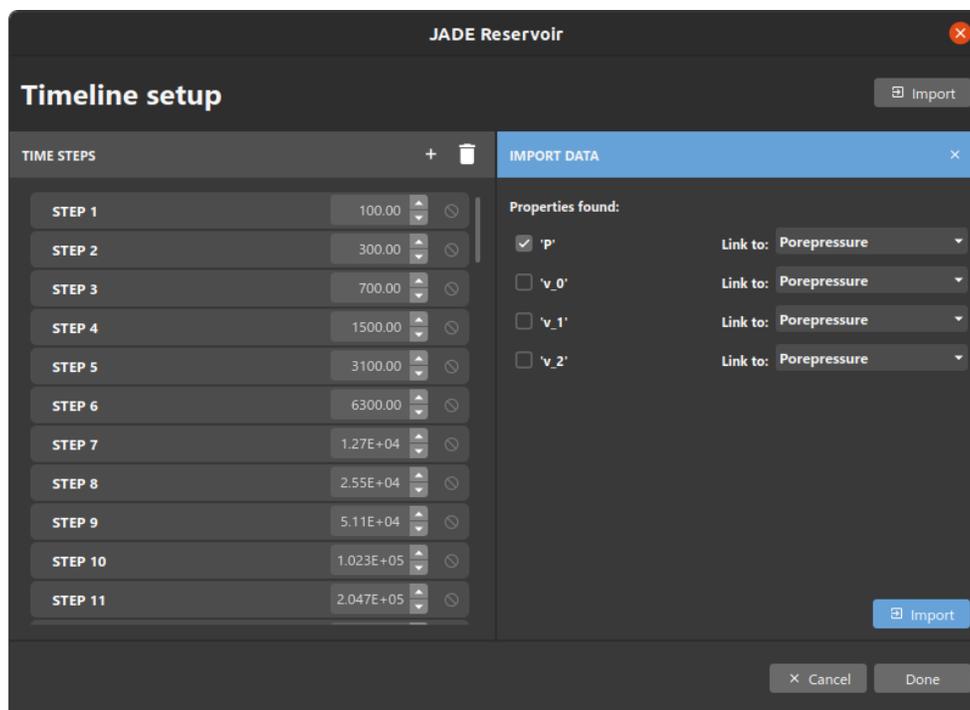


Figura 54 - Steps e nuvem de pontos de propriedades importadas de arquivo.

Após clicar em *Done*, as nuvens de propriedades importadas são transferidas para as camadas e tempos correspondentes. Uma camada só recebe uma nuvem de pontos que a toca, i.e., que possui ao menos um ponto da nuvem dentro da sua região. Pode ocorrer, portanto, que, por conta de precisão e fronteira, as regiões vizinhas à nuvem também recebam a transferência de forma indesejada. Neste caso, basta selecionar a(s) linha(s) das camadas que deseja corrigir e aplicar o tipo None ou outro valor necessário.

A Figura 55 apresenta um exemplo de modelo configurado com dados importados e transferidos para a camada reservatório. As demais camadas do exemplo foram escondidas para permitir a visualização. Quando existem muitos steps, como no caso do exemplo, pode ser útil editar o tamanho das colunas da tabela de inputs, o que pode ser feito com *Ctrl + Wheel do mouse*.

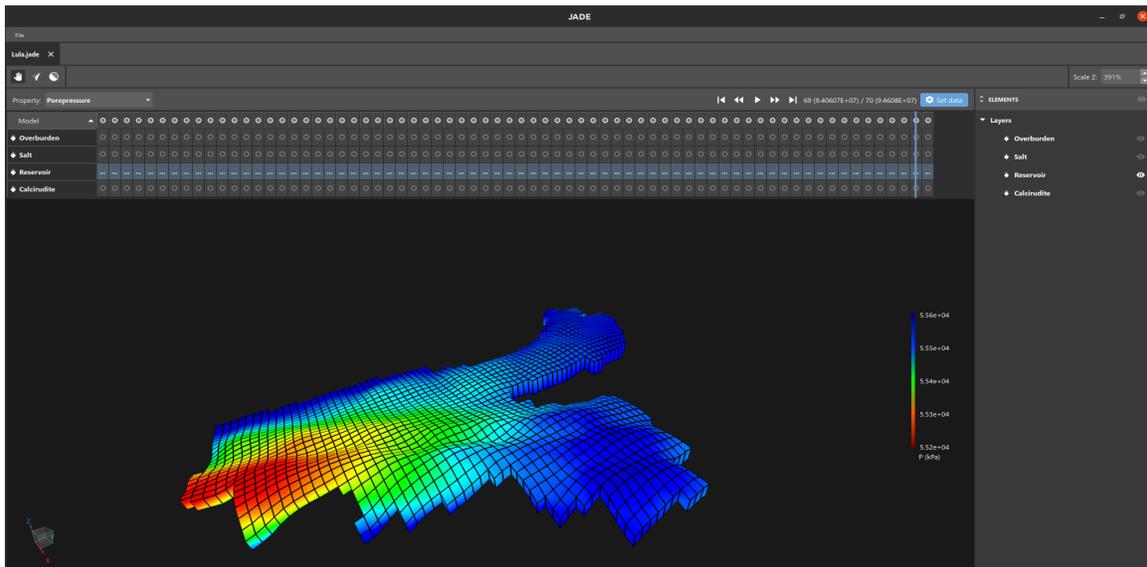


Figura 55 - Valor prescrito de poropressão importado de arquivo com nuvem de pontos.

## 8. Input Preview

Na aba de Input Preview (Figura 56), estão disponíveis os parâmetros de configuração da malha, sendo hoje editáveis somente os parâmetros *Average width* e *Average height*. Estes parâmetros definem o tamanho médio dos elementos (hexaedros) da malha de elementos finitos gerada para a simulação, e permitem configurar, portanto, o seu refinamento.

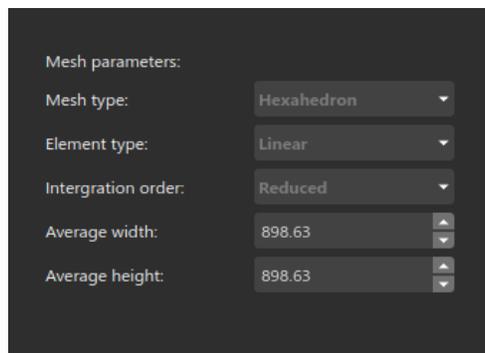


Figura 56 - Parâmetros de configuração da malha na aba de Input Preview.

Os valores inicialmente sugeridos para o tamanho médio são os mesmos utilizados para os quadriláteros da malha de visualização das camadas, e correspondem a 2% da extensão do

modelo. A edição dos parâmetros médios na etapa de Input Preview não será refletida na malha de visualização das camadas das etapas anteriores, apenas na geração da malha final.

A malha final, gerada para simulação, hoje não é exibida no JADE. Em futuras versões, a aba de Input Preview se tornará uma etapa mais completa de visualização dos inputs feitos no Pré-processamento.

## 9. Simulation Settings

A etapa de Simulation Settings (Figura 57) apresenta um formulário de parâmetros específicos da simulação com o GeMA, dividido em duas seções: *Numerical solver* e *Solver options*.

Na seção *Numerical solver*, estão disponíveis para seleção dois solvers para resolução da análise e os seus parâmetros de configuração:

- [Armadillo Solver](#), que utiliza a biblioteca *Armadillo* para resolução do problema de forma numérica e direta, e para o qual não são necessários parâmetros de configuração.
- [Lis Solver](#), que utiliza a biblioteca *Lis* para a resolução iterativa do problema, e para o qual estão disponibilizados seis parâmetros de configuração. O JADE sugere valores *default* que são suficientes para a resolução da maior parte dos problemas. Para maiores informações sobre os parâmetros do solver Lis, consulte a [documentação do GeMA](#).

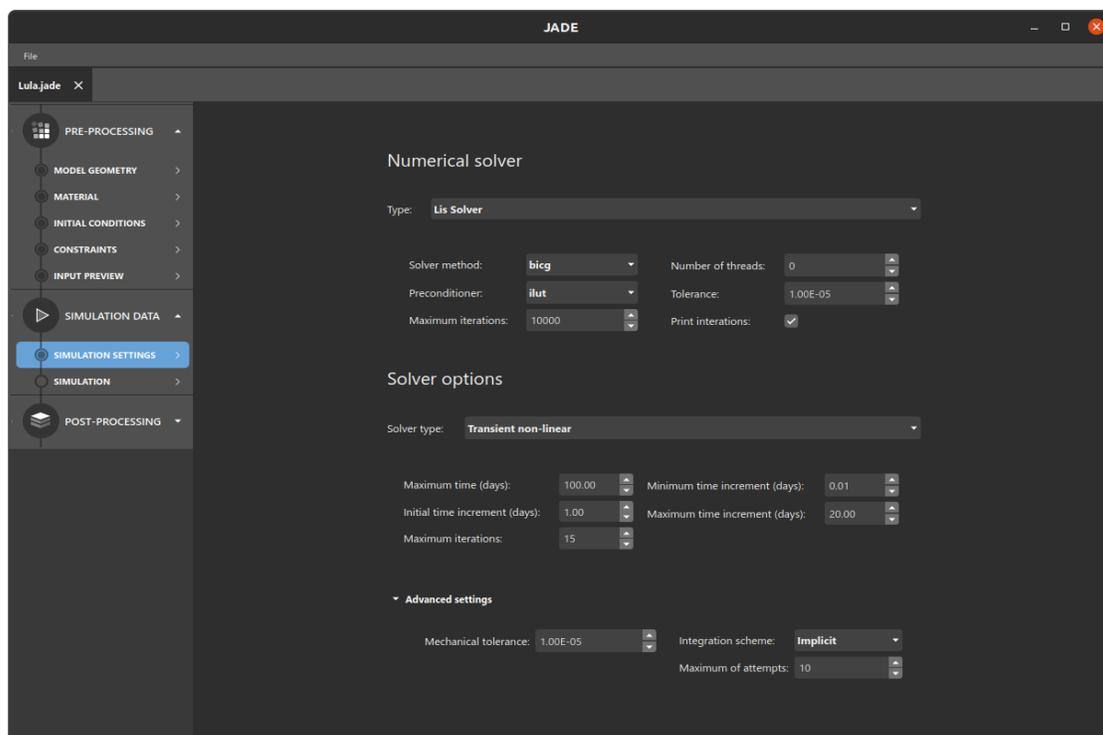


Figura 57 - Simulation Settings.

Na seção *Solver options*, encontram-se os parâmetros específicos para o andamento da simulação, considerando uma análise transiente não linear. Configure os parâmetros de tempo, em dias, da simulação nesta etapa, em especial o tempo máximo da análise.

Quando o usuário define *time steps* na aba de Constraints, o tempo máximo da simulação é configurado como sugestão para o último tempo definido. Altere este campo caso necessário para ir além do último step ou parar previamente.

Para mais informações sobre os parâmetros de configuração da simulação, consulte a documentação do GeMA em: <https://www.tecgraf.puc-rio.br/gema>