



Modelagem de sistemas energéticos usando OSeMOSYS

Aula Prática 3

Use a seguinte citação para:

- **Este**

Plazas-Niño, F., Alexander, K. (2025, fevereiro). Hands-on 3: Energy System Modelling Using OSeMOSYS (Versão 1.0.). Climate Compatible Growth. DOI: 10.5281/zenodo.14868668

- **Software OSeMOSYS UI**

Climate Compatible Growth. (2024). MUJO (Versão v5.0.0). GitHub.
<https://github.com/OSeMOSYS/MUJO/releases>

Resultados da aprendizagem

Ao final deste exercício, você será capaz de:

1. Desenhar um sistema energético de referência (SER)
2. Definir combustíveis
3. Definir as demandas de energia para um combustível específico
4. Definir o perfil temporal das demandas de energia

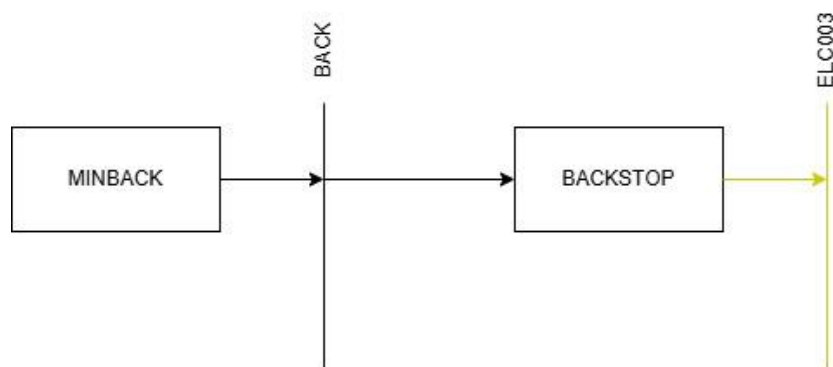


5. Definir tecnologias que satisfaçam a demanda
6. Executar o modelo e verificar os resultados

Desenhar um sistema energético de referência (SER)

A primeira habilidade que você treinará durante este exercício é desenhar sistemas energéticos de referência. Conforme explicado na Aula 2, um Sistema Energético de Referência (Reference Energy System, RES) é uma representação agregada convencional de um sistema energético real.

Criaremos o seguinte SER, que representa a versão mais básica de um sistema com uma fonte de energia primária (MINBACK), um transportador de energia intermediário (BACK), uma tecnologia de produção (BACKSTOP) e uma demanda final (ELC003). Nessa configuração inicial, MINBACK, BACK e BACKSTOP são componentes virtuais projetados como uma opção de último recurso com o custo mais alto para a produção de eletricidade. Eles servem como indicadores de inviabilidade em seu sistema energético, que analisaremos em exercícios futuros.

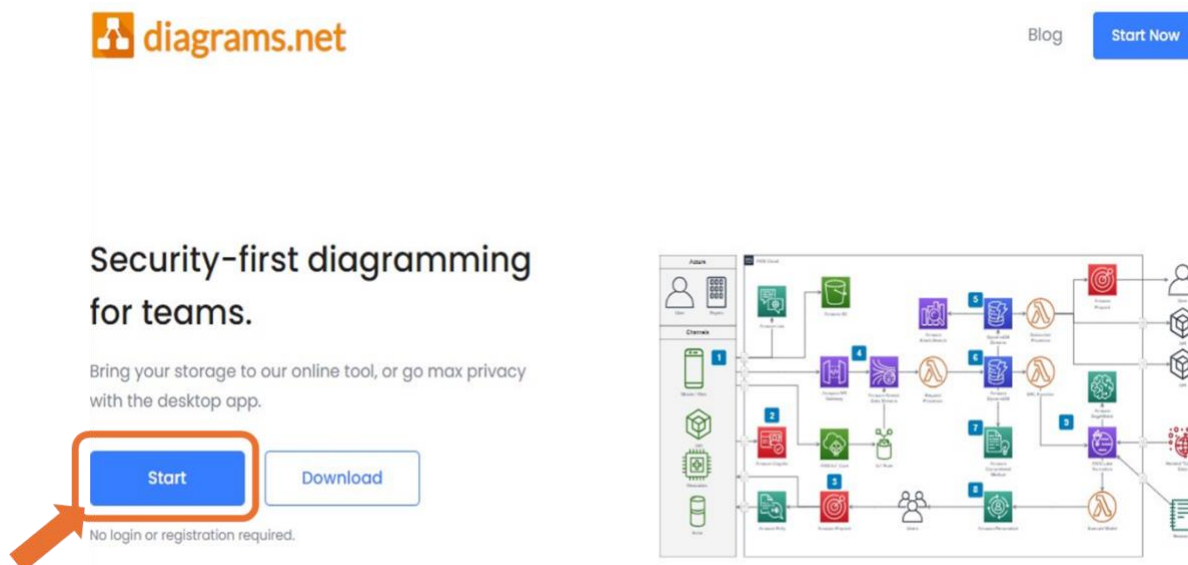


Há várias ferramentas disponíveis para essa finalidade, mas elas variam em termos de preço e funcionalidade. Para este curso, escolheremos [o Diagram.net](https://www.diagram.net/), que é um software **gratuito** para diagramação.

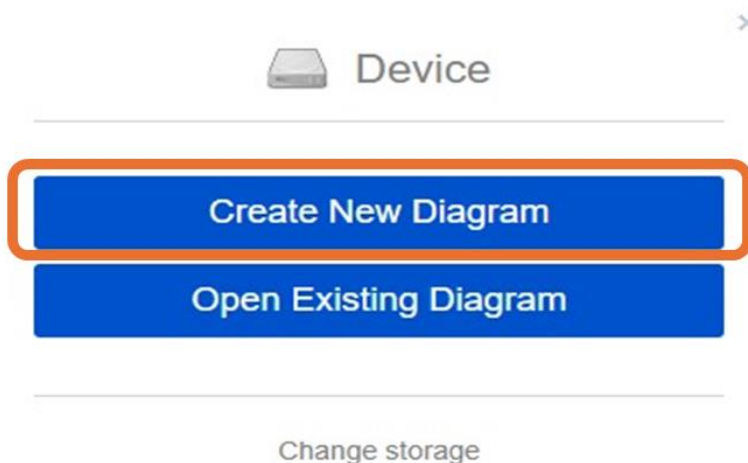
Experimente: Vamos desenhar a primeira peça de seu SER:



1. Abra [o Diagram.net](https://diagrams.net) em seu navegador e clique em **Iniciar**.

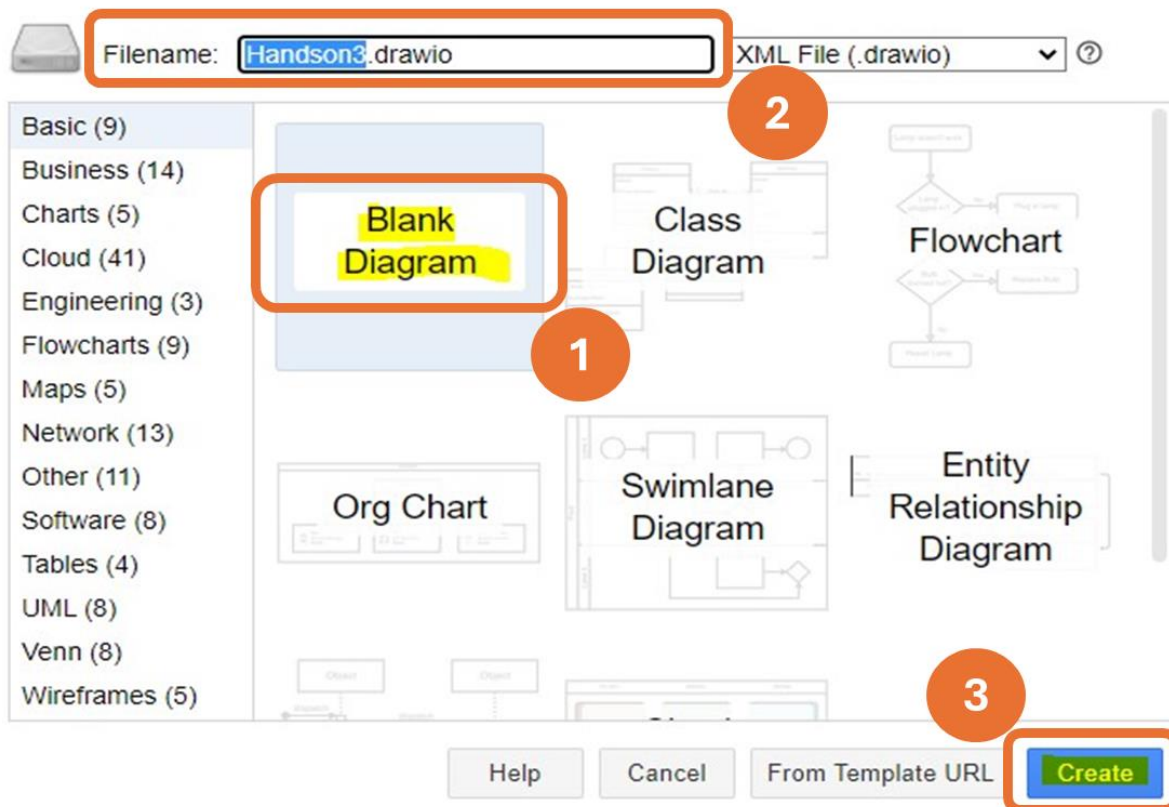


2. Clique em **Criar novo diagrama**

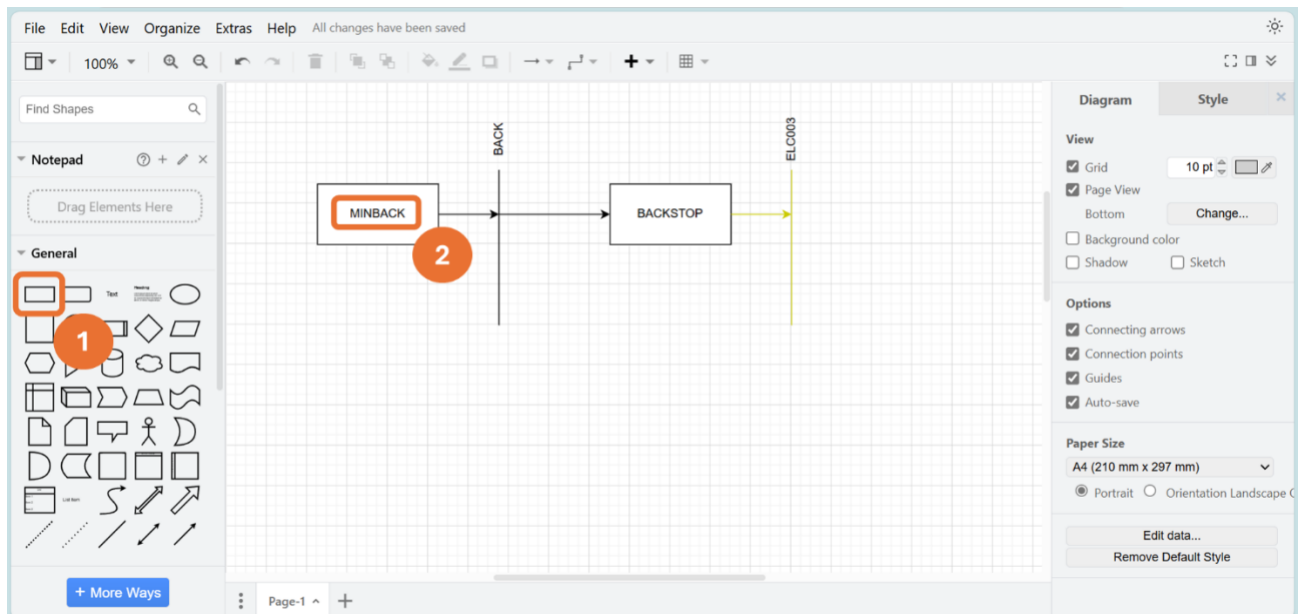


3. Selecione **Blank Diagram** -> Altere o nome para "**OSeHO3.drawio**" e salve-o em uma pasta de sua preferência.

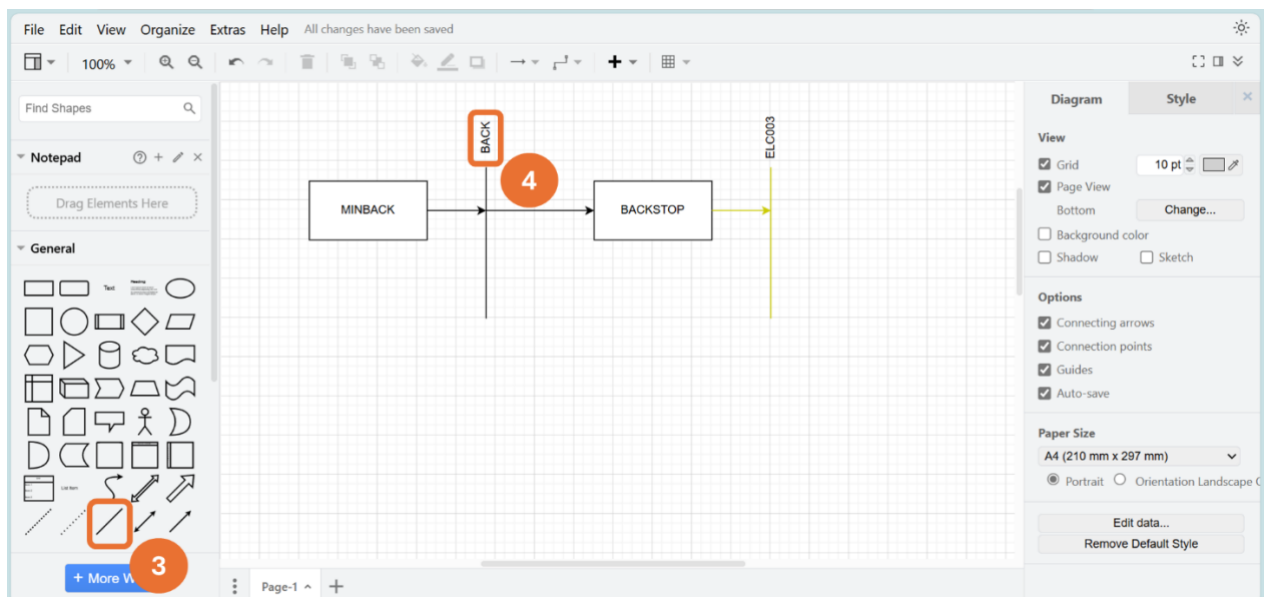
ATENÇÃO: crie uma pasta para cada exercício prático deste curso e continue criando seu SER, adicionando todas as peças propostas nos exercícios.



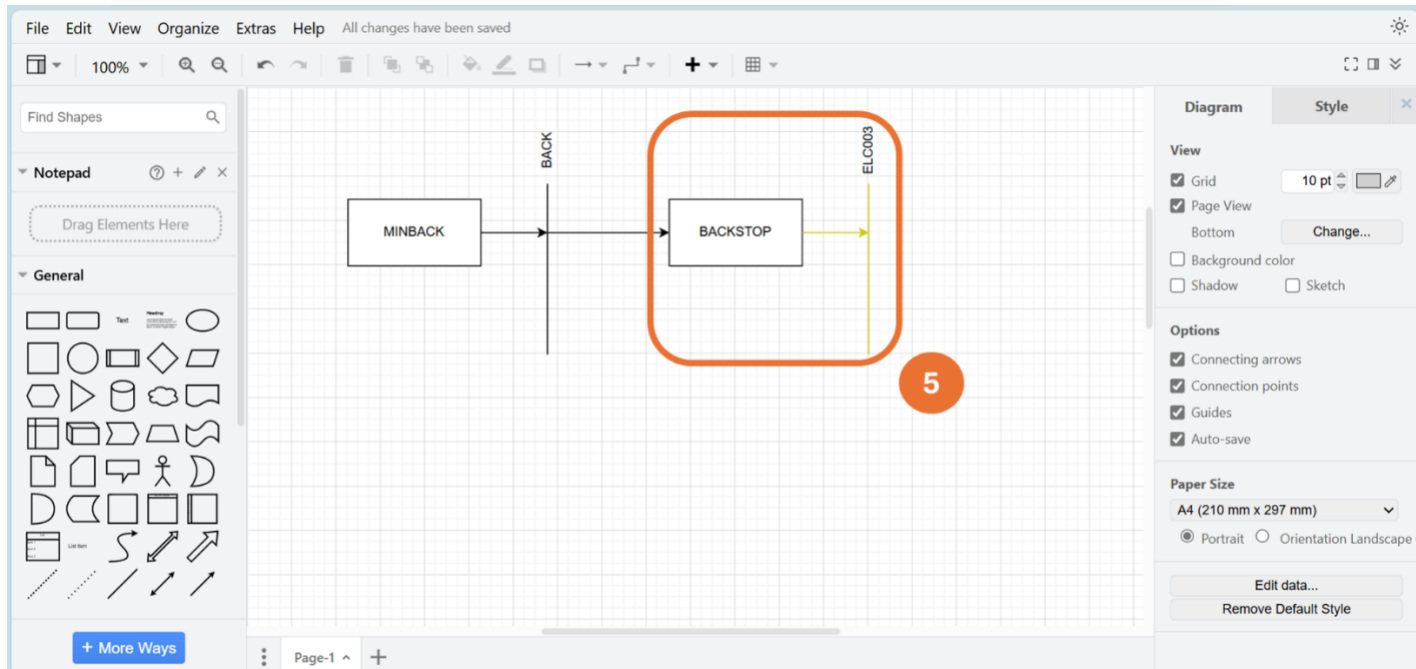
4. No lado esquerdo da ferramenta, selecione um Retângulo no Grupo Geral. Arraste e solte-o na tela.
5. Clique duas vezes no meio do **retângulo** para adicionar o texto. Escreva **MINBACK**.



6. Vamos desenhar a produção do combustível virtual BACK. Selecione uma **linha**, arraste-a e solte-a no lado direito da tecnologia MINBACK. Traga o ponteiro sobre a linha no lado direito do retângulo e alguns **pontos azuis** aparecerão. Clique e arraste até chegar à linha BACK, desenhando uma **seta**. Clique duas vezes na parte superior da linha BACK para adicionar o código para isso: **BACK**.



- Repita o processo para criar uma nova tecnologia para **BACKSTOP** e um novo combustível para a demanda de eletricidade, **ELC003**, de acordo com as diretrizes **da convenção de nomenclatura** explicadas na **Aula 3**. A seta que conecta a saída da tecnologia Backstop com a linha de ELC003 representa o fornecimento da demanda final de eletricidade (**ELC003**).



ÓTIMO!!! Agora você desenhou seu primeiro SER. Adicionaremos elementos adicionais nos próximos exercícios práticos.

Definindo commodities

A próxima etapa é começar a adicionar nossas commodities (combustíveis) à interface do OSeMOSYS.

- Primeiro, acesse a página inicial do MUIO (**não a página inicial do modelo, que é a página de configuração do modelo**). Selecione o modelo OSeHO2 na página inicial e clique na opção "Copy model" (Copiar modelo), conforme aprendido no passo a passo 2.

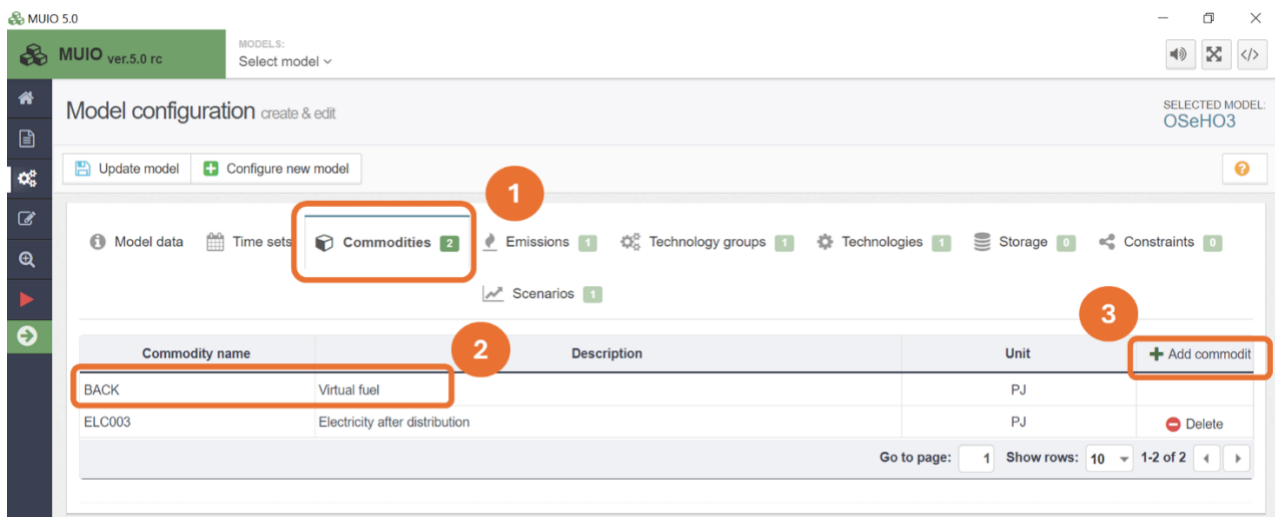


Selecione o modelo copiado e clique em "Configure model" (Configurar modelo) para abri-lo.

2. Renomeie a cópia modificando o campo "Model data" de OSeHO2_copy para OSeHO3.
3. Pressione o botão "Update model" (Atualizar modelo) para salvar as alterações.

IMPORTANTE: Faça cópias quando passar para o próximo HO e não faça edições no mesmo arquivo. Dessa forma, se houver algum problema, sempre haverá uma versão de backup para localizar facilmente o erro

4. Agora que você copiou, renomeou e atualizou o modelo, pode adicionar sua primeira commodity. Navegue até a guia "Commodities" e renomeie a commodity padrão COM_0 para BACK, mantendo a unidade como PJ.
5. Adicione uma **descrição** para cada commodity, como, por exemplo: *Combustível virtual para BACK*.
6. Ao adicionar commodities, você deve pressionar o botão na página de configuração "+ Add commodity". Repita o processo e altere o nome padrão para ELC003 (conforme mostrado na imagem abaixo).



7. Pressione o botão "Update model" (Atualizar modelo) para salvar suas alterações.



IMPORTANTE: Repita esse processo no futuro para adicionar novas commodities (combustíveis).

Definir as demandas de energia para um combustível específico

Sua próxima tarefa será escolher o tipo de demanda. Você tem duas opções para o tipo de demanda:

- **SpecifiedAnnualDemand (Demanda anual especificada)** - usado para combustíveis cuja demanda varia durante o ano/dia (por exemplo, eletricidade).
- **AccumulatedAnnualDemand (Demanda anual acumulada)** - usado para combustíveis que não precisam necessariamente ser fornecidos em um momento exato (por exemplo, gasolina).

Experimente: Adicione a demanda de eletricidade após a distribuição (**ELC003**).

1. Clique no botão de entrada de dados e, na barra de pesquisa, digite "**Specified Annual Demand**" (**demanda anual especificada**) e, em seguida, vá para esse parâmetro.
2. Você deverá ver BACK e ELC003. Copie e cole os dados de demanda do ELC003 para os anos 2021-2035 do **arquivo "Data Preparation File OSeHO3"**. Copie apenas os dados da célula D2 para R2. Essa demanda aumenta linearmente em etapas de 5 PJ, de 20 PJ a 90 PJ.
3. Ele deverá se parecer com a imagem abaixo.



MUIO 5.0

MUIO ver.5.0 rc

MODELS: Select model

Specified Annual Demand Region, year, commodity

Specified Annual Demand

Save data

0.0 0.000

SELECTED MODEL: OSeH03

Scenario	Commodity	Y	Unit	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
SC_0	BACK	PJ		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
SC_0	ELC003	PJ		20.000	25.000	30.000	35.000	40.000	45.000	50.000	55.000	60.000	65.000	70.000	75.000	80.000	85.000	90.000

Go to page: 1 Show rows: 20 1-2 of 2

OBSERVAÇÃO: Mais uma vez, certifique-se de salvar os dados e atualizar o modelo sempre que seguir esse processo.

ATENÇÃO: Para a mesma commodity (combustível), você nunca deve adicionar dados para ambos **SpecifiedAnnualDemand** (demanda anual especificada) e **AccumulatedAnnualDemand** (demanda anual acumulada). Escolha o tipo de demanda associada a esse combustível seguindo as indicações fornecidas na **Aula 4**.

Voilà: agora você sabe como adicionar um **SpecifiedAnnualDemand**.

Definir o perfil temporal das demandas de energia

Como dito anteriormente, **SpecifiedAnnualDemand** é o parâmetro usado para definir uma demanda que muda durante o ano, como a demanda final de eletricidade que acabamos de ver (ELC003). Portanto, agora é importante representar essa variabilidade temporal e, para isso, usaremos o parâmetro **SpecifiedDemandProfile** (conforme explicado na Aula 4).

Experimente: Vamos adicionar o perfil de demanda à interface do OSeMOSYS.



1. Como anteriormente, vá para o botão de entrada de dados e, dessa vez, procure o parâmetro **"Specified Demand Profile" (Perfil de demanda especificado)**
2. Em seguida, copie os dados da planilha de preparação de 2021 a 2035.
3. Em seguida, volte à interface do OSeMOSYS e clique no bloco abaixo de 2021 para ELC003-RD (o valor deve ser 0,000) e cole todos os dados.

MUIO 5.0

MUIO ver.5.0 rc

MODEL: Select model

Specified Demand Profile Region, year, commodity, timeslice

SELECTED MODEL: OSeH03

Specified Demand Profile

Save data

Scenario	Commodity	Timeslice	Unit	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
SC_0	BACK	RD	%/100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0
SC_0	BACK	RN	%/100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0
SC_0	BACK	DD	%/100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0
SC_0	BACK	DN	%/100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0
SC_0	ELC003	RD	%/100	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0
SC_0	ELC003	RN	%/100	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0
SC_0	ELC003	DD	%/100	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300	0
SC_0	ELC003	DN	%/100	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0

Go to page: 1 Show rows: 20 1-8 of 8

OBSERVAÇÃO: lembre-se de que, se quiser visualizar os dados com mais ou menos casas decimais, você pode clicar nas setas no canto superior direito.

4. Salve os dados e, em seguida, atualize o modelo. **IMPORTANTE:** Lembrete para fazer isso **todas as vezes.**

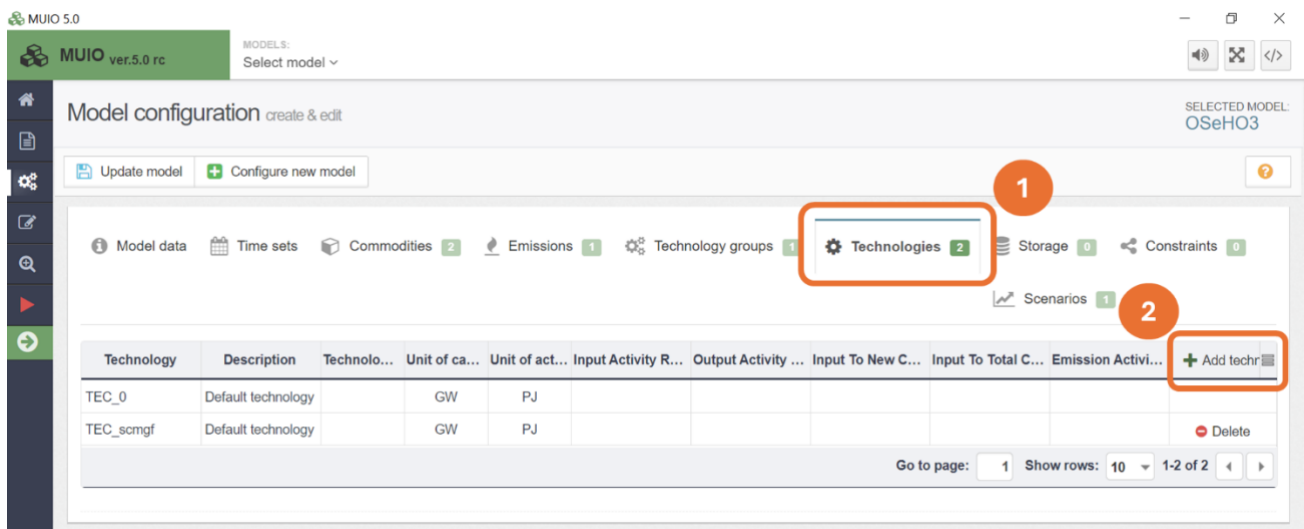
OBSERVAÇÃO: A soma de todos os valores de Year Split para os 4 timeslices deve ser sempre 1. O mesmo é válido para os valores de SpecifiedDemandProfile.

Definir tecnologias que satisfaçam a demanda

Conforme explicado na [Aula 4](#), **as tecnologias Backstop são uma opção de último recurso** para o solucionador de otimização, sendo tecnologias fictícias com custo extremamente alto. Adicionaremos uma cadeia simples de tecnologias para simular a produção de um combustível virtual (BACK), que alimentará uma tecnologia backstop que fornece eletricidade (ELC003) para atender à demanda. Portanto, o backstop será a única tecnologia no modelo capaz de suprir a demanda de ELC003 que adicionamos.

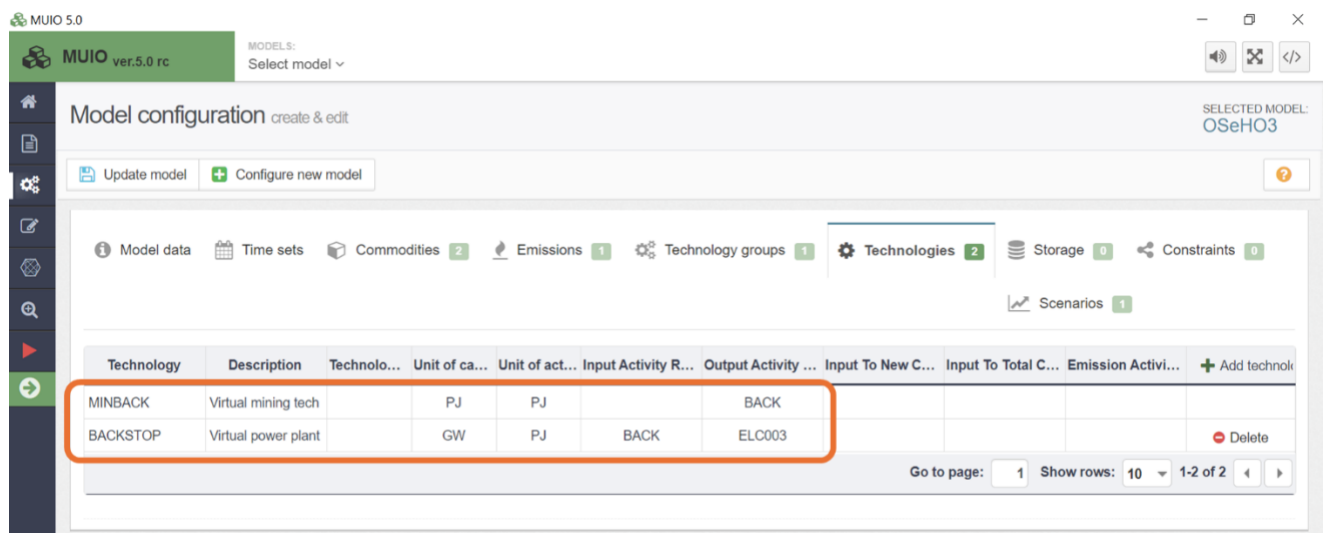
Experimente: Adicione as tecnologias MINBACK e BACKSTOP

1. Na página de configuração do modelo, você deve clicar na guia "Technologies" (Tecnologias) e, em seguida, adicionar uma tecnologia pressionando "+ Add Technology" (semelhante à forma como você adiciona uma commodity). Conforme mostrado na imagem abaixo:





2. Você precisa adicionar uma nova, mas, nesse caso, altere os nomes das tecnologias **default** para **"MINBACK"** e **"BACKSTOP"**. Depois de fazer isso, certifique-se de atualizar o modelo, pois ele só adicionará a nova atualização quando você fizer isso.
3. Em seguida, você pode adicionar uma descrição conforme necessário e definir as unidades de capacidade e geração. Para o MINBACK, como se trata de uma tecnologia de fonte de energia, podemos manter ambas as unidades como PJ. Entretanto, para o BACKSTOP, por ser uma tecnologia de geração de energia, usaremos GW como unidade de capacidade. Em seguida, você deve definir as entradas e saídas conforme mostrado na imagem abaixo. O MINBACK produz combustível BACK, que é a saída sem nenhuma entrada, enquanto o BACKSTOP tem BACK como combustível de entrada e produz eletricidade (ELC003) como saída. **Lembre-se de atualizar o modelo depois de aplicar essas alterações.** Agora você está pronto para adicionar dados.



OBSERVAÇÃO: em teoria, a tecnologia BACKSTOP representa uma usina de energia produzindo energia (portanto, a saída é ELC003). Entretanto, sua função principal é indicar uma falha de modelagem e ajudar a acelerar o processo de depuração.

4. Você precisará adicionar uma seleção de dados ao MUIO para as tecnologias MINBACK e BACKSTOP, conforme descrito na próxima etapa. *Lembre-se de copiar e colar os valores até 2035, quando aplicável.*
5. É necessário adicionar os **dados** dos seguintes parâmetros de acordo com o **arquivo "Data Preparation File OSeHO3"** (como foi feito na seção de entrada de dados do MUIO



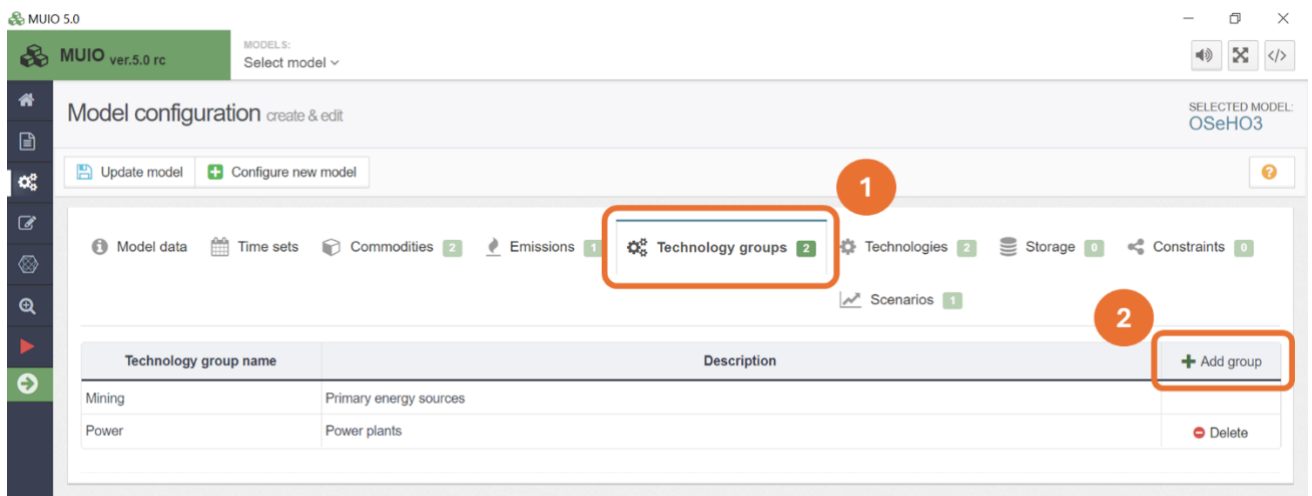
anteriormente): *Custo de capital (CapitalCost)*, *Custo fixo (FixedCost)*, *Custo variável (VariableCost)*, *CapacitytoActivityUnit*, *Vida operacional (OperationalLife)*, *InputActivityRatio* e *OutputActivityRatio*. Um exemplo do custo de capital é mostrado abaixo.

The screenshot shows the MUIO 5.0 software interface. The title bar indicates 'MUIO 5.0' and 'MUIO ver.5.0 rc'. The main window is titled 'Capital Cost Region, year, technology'. A sidebar on the left contains various icons. The top right shows 'SELECTED MODEL: OSeH03'. Below the title bar, there is a dropdown menu set to 'Capital Cost' and a 'Save data' button. The main area displays a table with columns for Scenario, Technology, Unit, and years from 2021 to 2035. Two rows are visible: SC_0 MINBACK and SC_0 BACKSTOP, both with a unit of 10⁶USD/PJ and 10⁶USD/GW respectively. The table shows values of 999.000 for all years from 2021 to 2035. At the bottom right, there are navigation controls: 'Go to page: 1', 'Show rows: 20', and '1-2 of 2'.

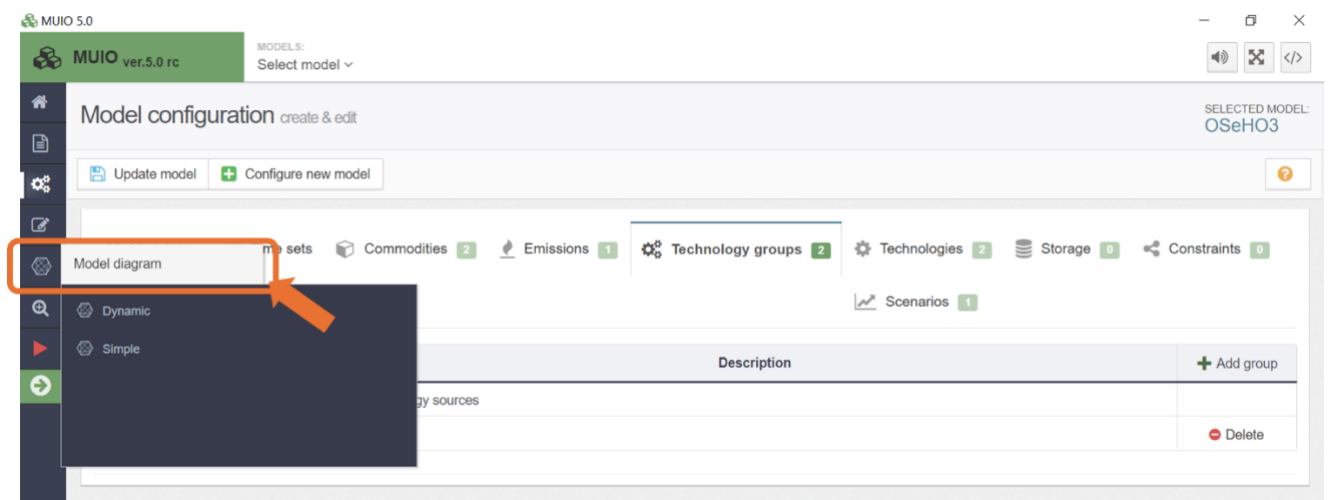
Scenario	Technology	Unit	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
SC_0	MINBACK	10 ⁶ USD/PJ	999.000	999.000	999.000	999.000	999.000	999.000	999.000	999.000	999.000	999.000	999.000	999.000	999.000	999.000	999.000
SC_0	BACKSTOP	10 ⁶ USD/GW	999.000	999.000	999.000	999.000	999.000	999.000	999.000	999.000	999.000	999.000	999.000	999.000	999.000	999.000	999.000

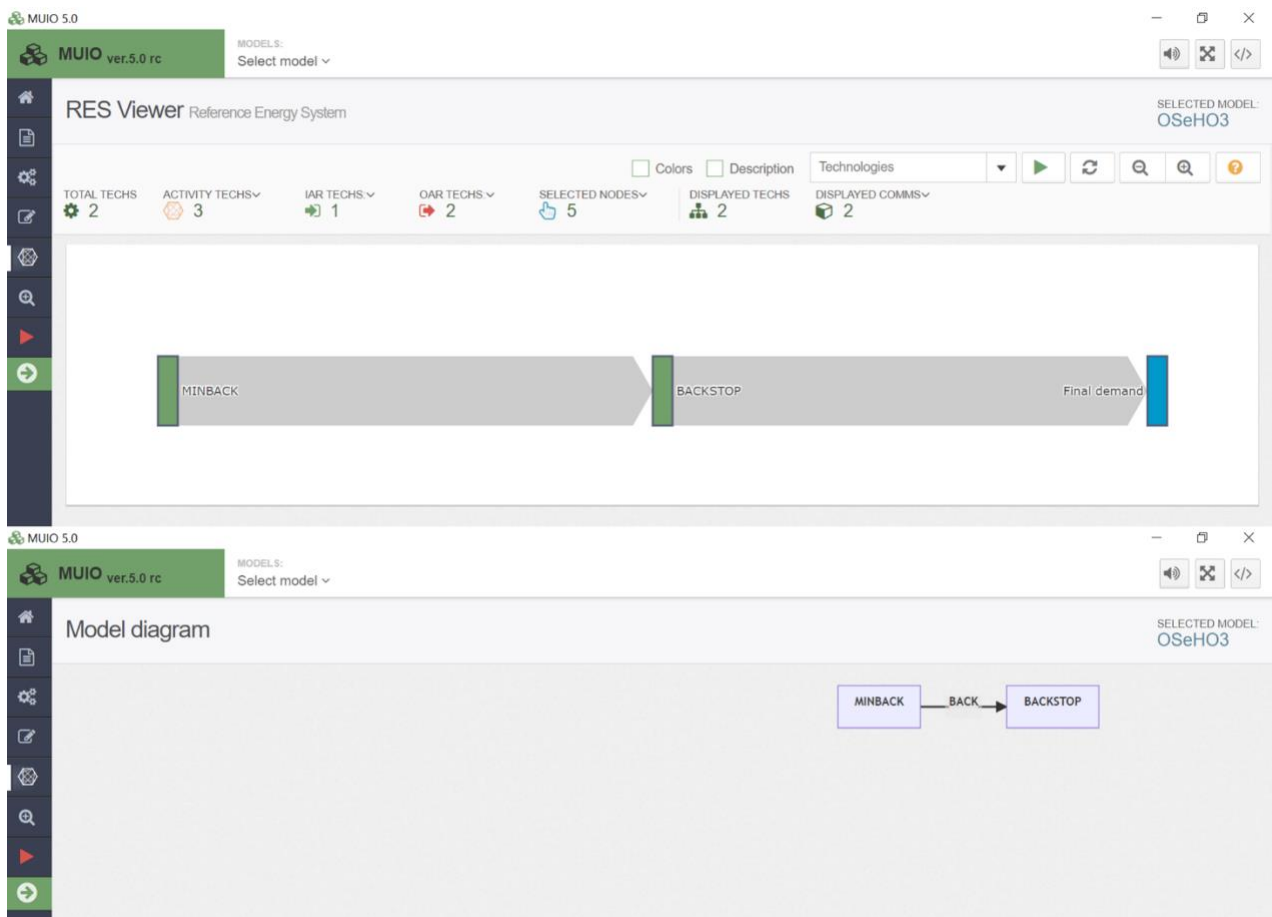
6. Toda vez que você adicionar dados a um parâmetro diferente, **deverá salvar os dados antes de adicionar dados a outro parâmetro.**
7. Em seguida, você deve atualizar o modelo (**novamente, é recomendável fazer isso com a maior frequência possível**). Assim, você terá adicionado com sucesso as tecnologias MINBACK e BACKSTOP com os dados relevantes.

Por último, mas não menos importante! Você pode criar **grupos de tecnologia** navegando até a guia "Technology Groups" e adicionando-os da mesma forma que as commodities e as tecnologias. Depois de criados, você pode atribuir esses grupos a tecnologias na guia Technologies (Tecnologias) da página de configuração do modelo. Embora isso não seja necessário, pode ser útil ao executar modelos maiores e visualizar conjuntos de dados extensos. Um exemplo é fornecido abaixo.



BÔNUS: Você pode usar a guia Diagrama do modelo na barra lateral esquerda para verificar o sistema energético de referência do seu modelo. Isso é especialmente útil para verificar se todas as interligações entre tecnologias e commodities estão definidas corretamente. Há dois modos de visualização disponíveis: dinâmico e simples.

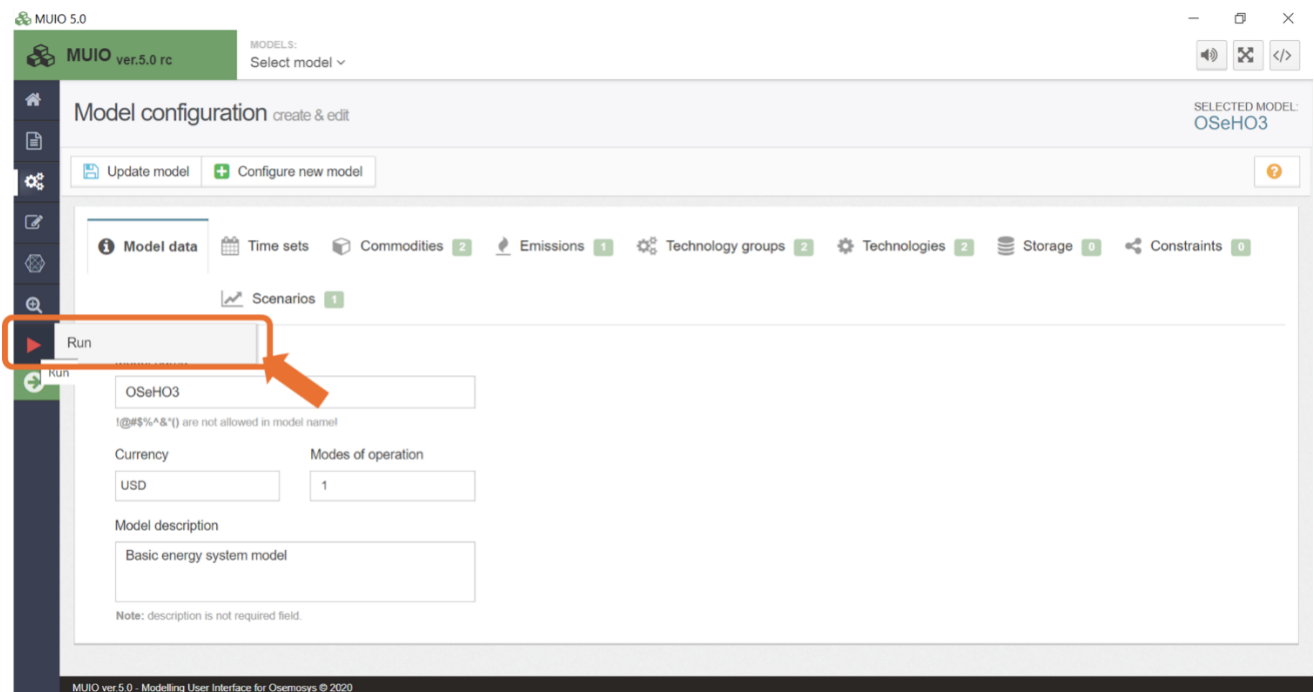




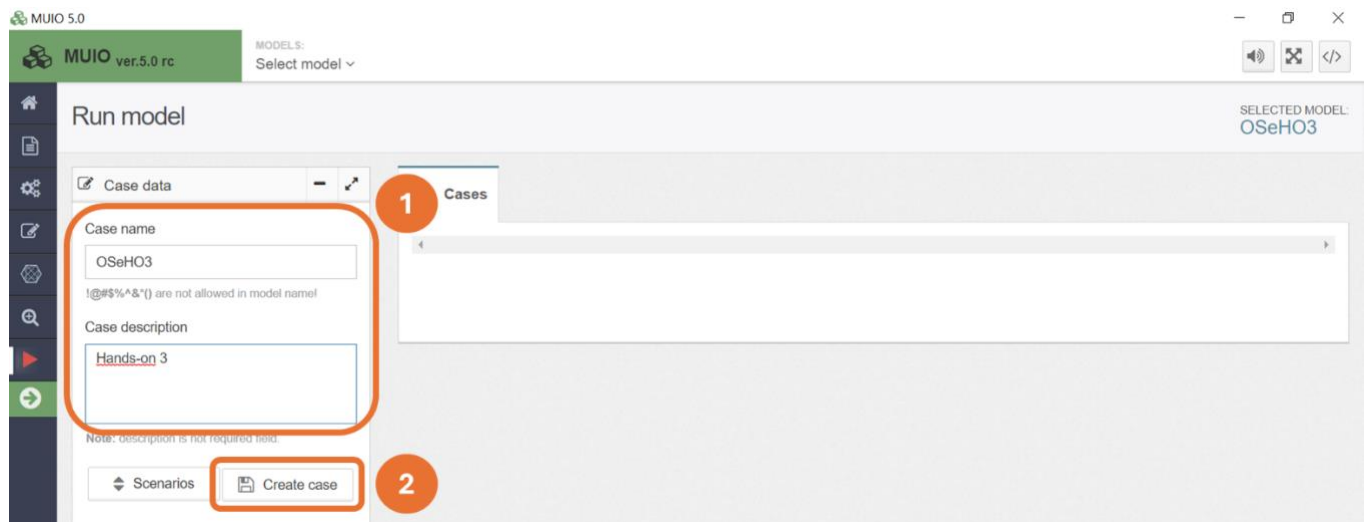
Execute o modelo e verifique os resultados da produção por tecnologia

Agora você está pronto para executar o modelo. Antes de fazer isso, certifique-se de ter salvo todos os dados adicionados e atualizado o modelo. A visualização é bastante simples.

1. Clique no botão vermelho de 'play', conforme mostrado na imagem abaixo:

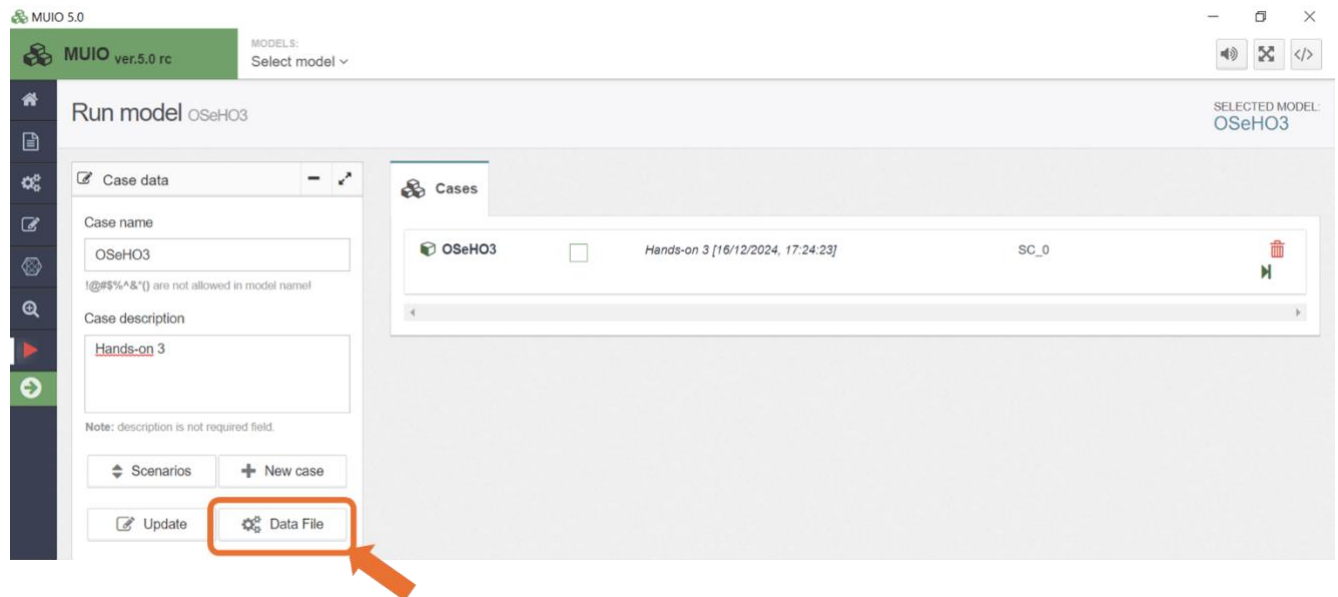


2. Em seguida, você deve **dar a ele um nome** (OSeHO3 foi escolhido para essa execução) e uma descrição, se desejar. **Em seguida, você deve criar um caso pressionando o botão correspondente**

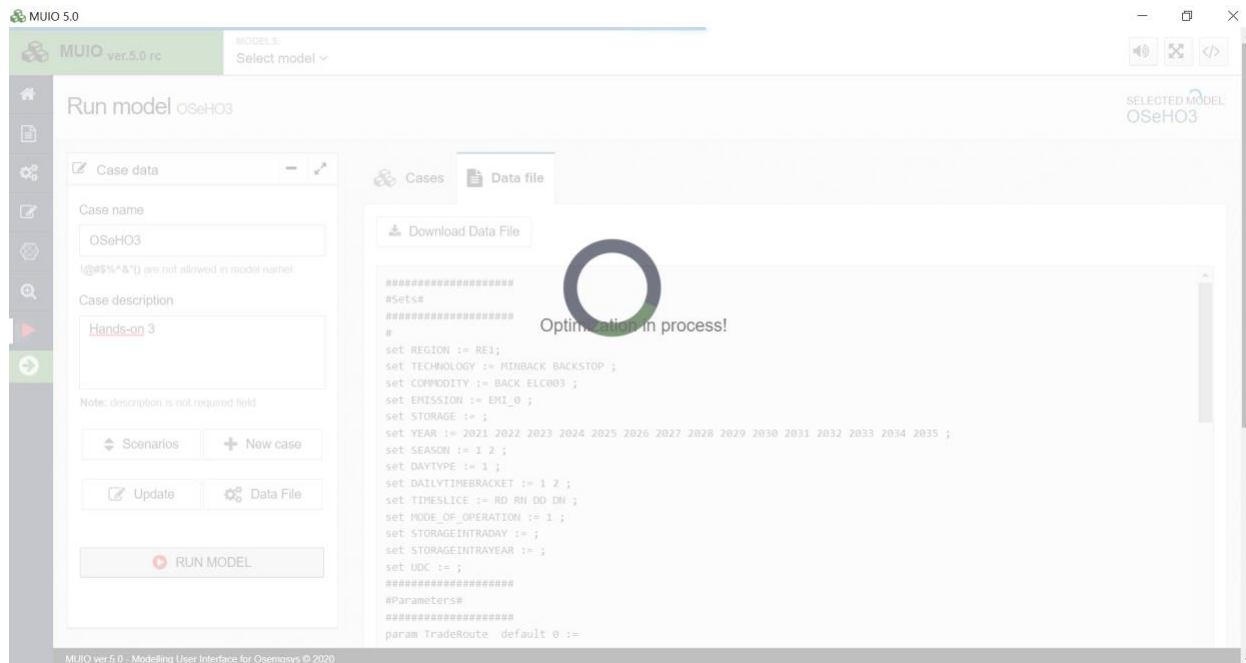
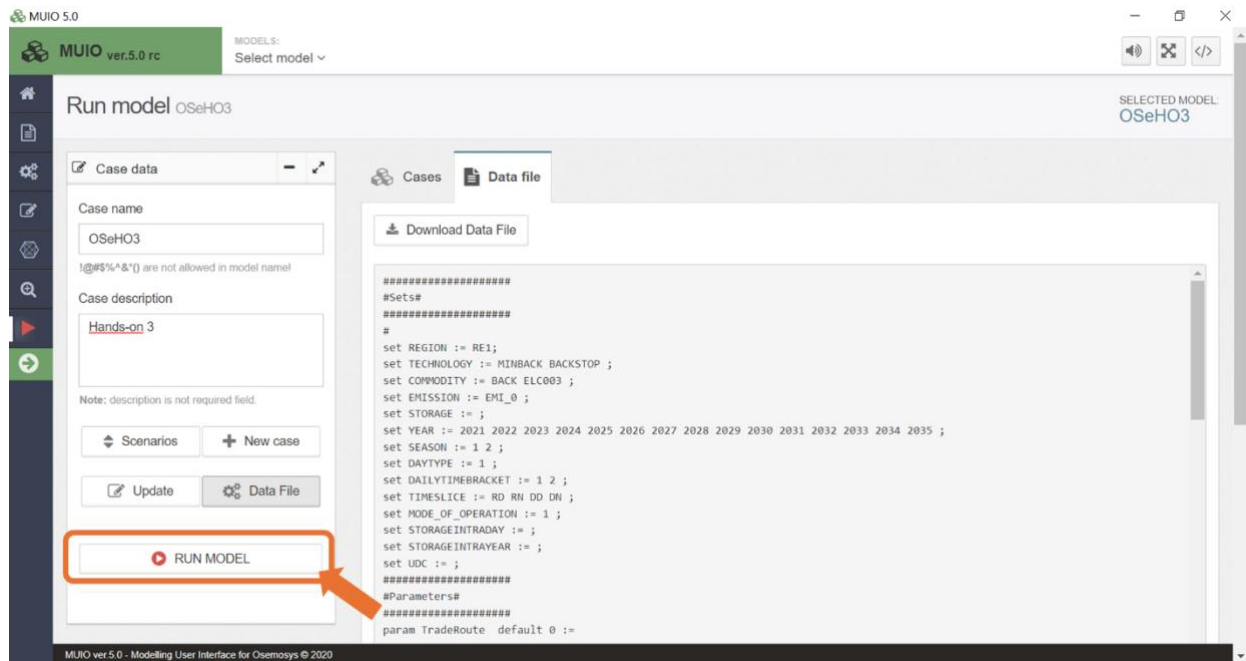


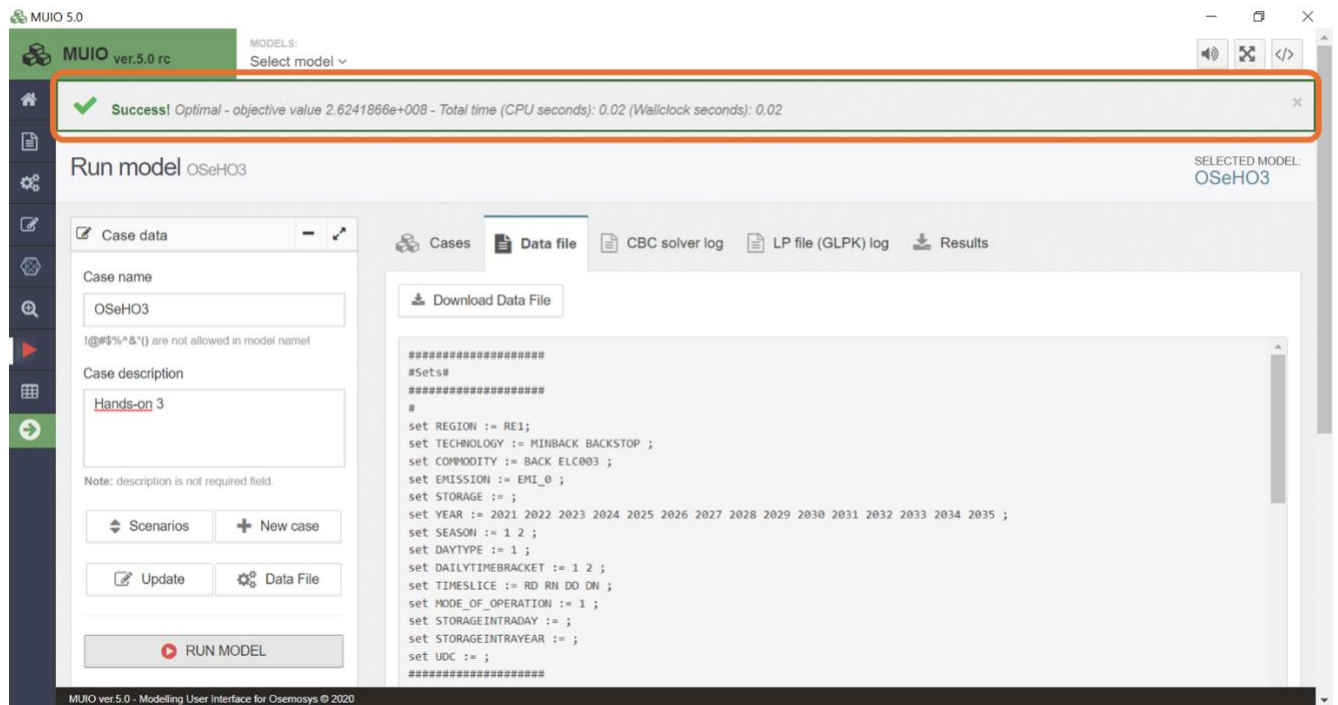


3. Em seguida, você deve pressionar o botão Data file (Arquivo de dados) para gerar o arquivo de dados de entrada para o processo de otimização.

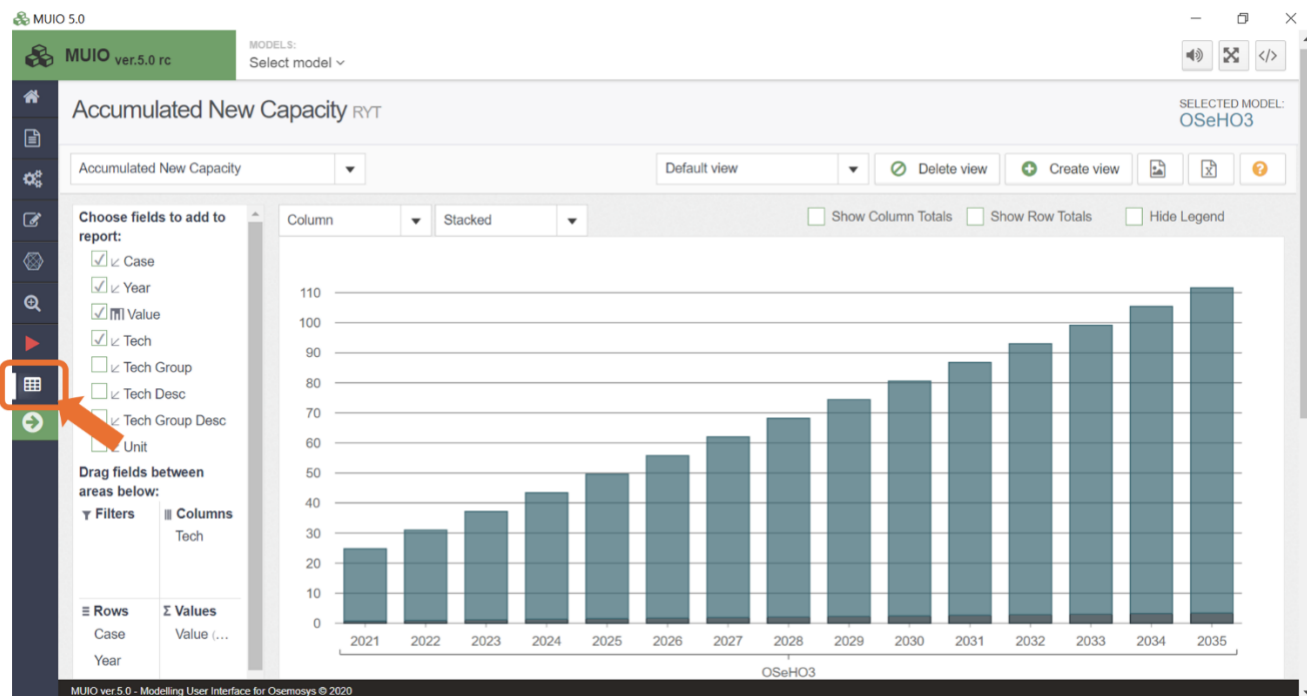


4. Em seguida, você deve **EXECUTAR O MODELO**. Você verá o processo de otimização concluído, seguido de uma mensagem confirmando o sucesso da operação.

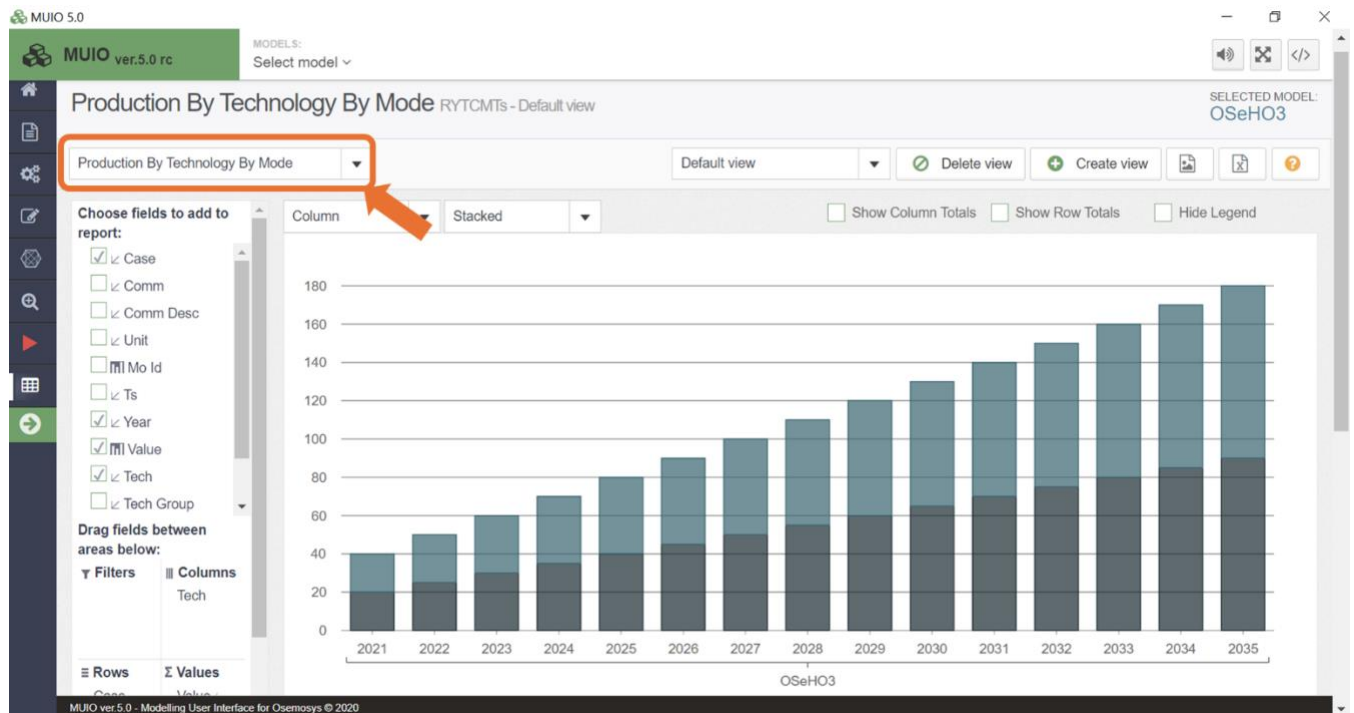




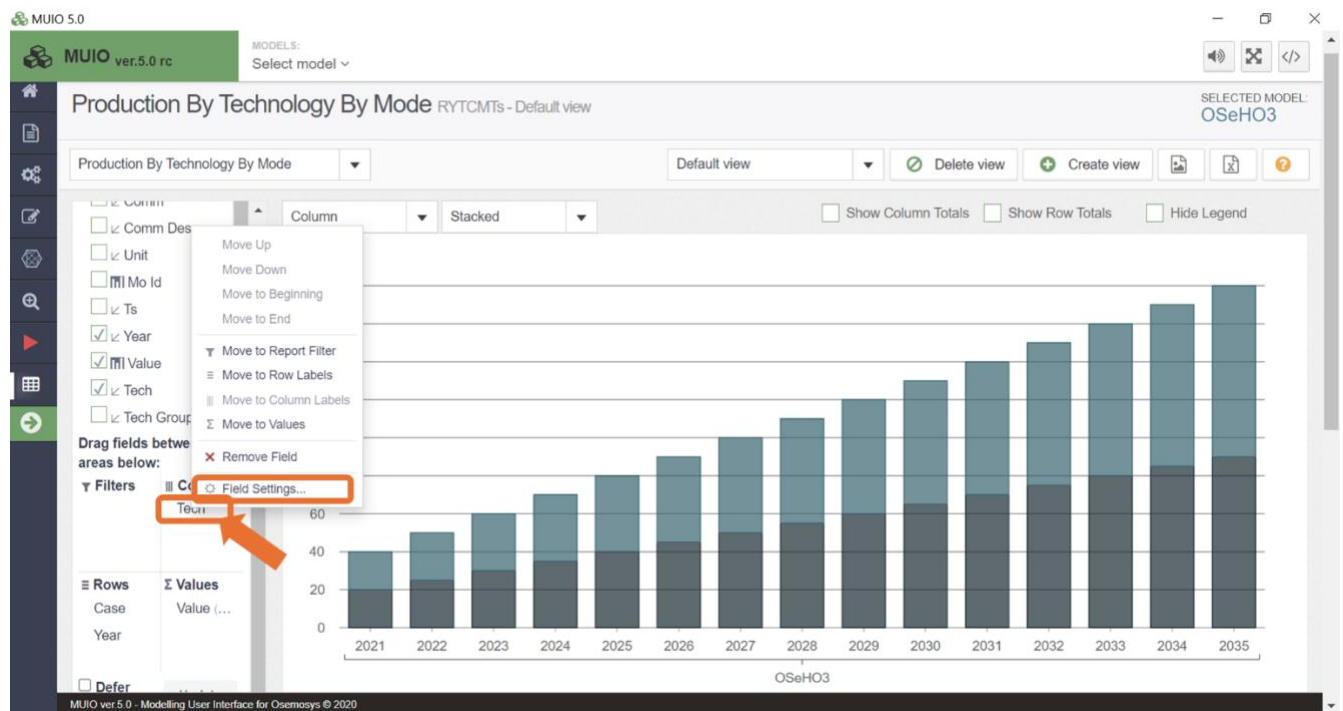
5. Você verá muitos arquivos criados e poderá visualizar os resultados **pressionando o botão de tabela na barra lateral esquerda**, conforme mostrado na imagem abaixo:



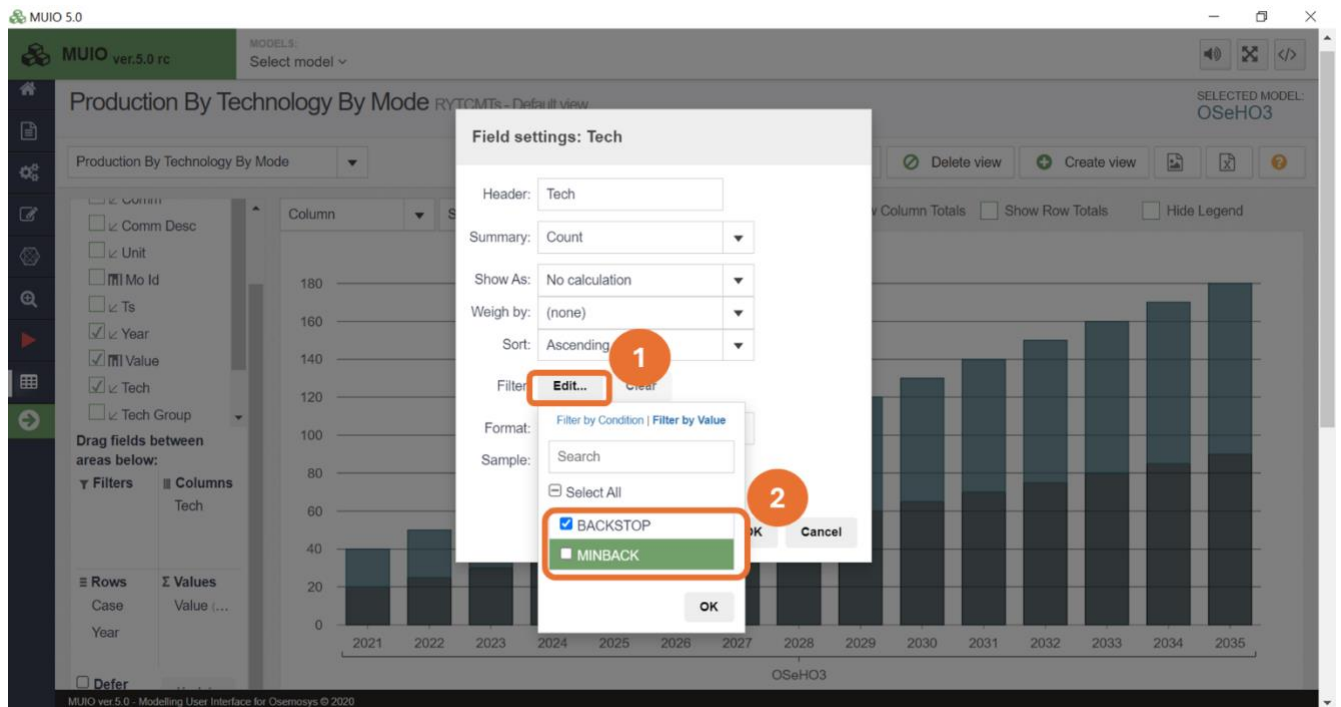
6. Agora você estará na página de resultados. Ela aparecerá automaticamente com o gráfico “Accumulated New Capacity”; portanto, você deve clicar na seta destacada acima e escolher o parâmetro “Production by Technology by Mode”. Em seguida, ela aparecerá como na imagem abaixo.



7. Para filtrar uma tecnologia indesejada (por exemplo), clique com o botão direito do mouse em "tech" na guia de colunas e selecione a opção "Field Settings" (Configurações de campo), e uma caixa será exibida na tela.



8. Você precisa **clicar em editar e desmarcar MINBACK**, conforme mostrado abaixo:



9. Em seguida, esse gráfico aparecerá na tela. Se ele for parecido com este, você fez tudo corretamente até agora - muito bem! Agora você pode executar os modelos. Observe que a produção da tecnologia Backstop corresponde à demanda de eletricidade, começando com 20 PJ em 2021 e aumentando para 90 PJ em 2035.

