



Introdução ao CLEWs

Aula prática 5: Introdução aos elementos dependentes do tempo

Abhishek Shivakumar^{a,b,c}, Vignesh Sridharan^d, Francesco Gardumi^e, Taco Niet^f, Thomas Alfstad^a, Kane Alexander^{cd}

^a Departamento de Assuntos Econômicos e Sociais das Nações Unidas, Nova York

^b University College London, Reino Unido ^c Loughborough

University, Reino Unido ^d Imperial College London, Reino Unido ^e KTH

Royal Institute of Technology, Suécia ^f Simon Fraser University, Canadá

V1.2.0

Revisado por: Shravan Kumar Pinayur Kannan^e, Roberto Heredia^e, Francesco Gardumi^e, Leigh Martindale^e, Abhishek Shivakumar^{a,b,c}, Thomas Alfstad^a

V1.3.0

Revisado por: Kane Alexander^{cd}, Leigh Martindale^{cd}

Este trabalho está licenciado sob a licença [Creative Commons Attribution 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) International.

Citar como: K. Alexander, A. Shivakumar, V. Sridharan, F. Gardumi, T. Niet, T. Alfstad, 'Introduction to CLEWs Hands on lecture 5: Introducing time-dependent elements', Climate Compatible Growth, 2023. DOI: 10.5281/zenodo.8340850.

Tags: CLEWs; Clima; Terra; Energia; Água; Modelagem de sistemas; Integrado; Coerência de políticas; Representação do tempo; Modelo de sistema de energia; Prático; Climate Compatible Growth; Código aberto; Kit de ensino.

Links úteis:

- 1) [Fórum de discussão](#) para CLEWs
- 2) [Resultados deste Hands-on](#)

Pré-requisitos:

- 1) Conclusão bem-sucedida da aula prática 4

Resultados da aprendizagem

Ao final deste exercício, você será capaz de:

- 1) Entenda como as demandas variáveis no tempo e os perfis de demanda são adicionados a um modelo de sistema energético
- 2) Apresentar fontes variáveis de energia renovável e suas características técnico-econômicas
- 3) Compreender a influência da oferta e da demanda dependentes do tempo no planejamento de menor custo de um sistema de energia

Atividade 1 - Verificar a definição de tempo no modelo

Antes de iniciar este exercício, copie o último modelo da aula prática 4 (se você não se lembrar como, consulte as instruções na mesma aula prática).

Na Aula 5, você aprendeu sobre o conceito de TimeSlice e de YearSplit. Independentemente do nome, esses conceitos são usados com frequência em modelos de sistemas de energia de longo prazo. Incluímos para você os TimeSlices e os valores do YearSplit em seu padrão de modelo.

Você pode entrar no YearSplit seguindo as etapas a seguir:

- Clique em "**Data entry**" (**Entrada de dados**)
- Procure o parâmetro YearSplit e selecione-o
- Role para baixo até a tabela para inserir dados
- Verifique se 4 TimeSlices são mostrados na tabela
- Insira os valores mostrados na tabela abaixo, para todos os anos.
- Ao inserir os dados para YearSplit, certifique-se de que a soma de todos os valores de YearSplit seja igual a 1 para cada ano. (**Você terá que arredondar as casas decimais de acordo**)

TimeSlice	2019	2020	2021	2022
SD (\$11)	0.4457	0.4457	0.4457	0.4457
SN (\$12)	0.2228	0.2228	0.2228	0.2228



WD (S21)	0.1657	0.1657	0.1657	0.1657
WN (S22)	0.1657	0.1657	0.1657	0.1657

Tente se lembrar do significado de **TimeSlice** e **YearSplit**. Você terá de responder a perguntas sobre isso no questionário anexado a esta sessão prática.

Atividade 2 - Adicionar uma demanda anual especificada (Specified Annual Demand)

Antes de iniciar esta atividade, copie o modelo mais recente, ou seja, o da atividade 1 da aula prática 4 (se você não se lembrar como, consulte as instruções na mesma atividade).

Primeira etapa:

- Vá para o **parâmetro** AccumulatedAnnualDemand e exclua os quatro valores anuais que estão aparecendo agora para a commodity ELC002
- Clique em **Save data (Salvar dados)**

Segunda etapa:

- Vá para o **parâmetro** SpecifiedAnnualDemand e adicione uma demanda de 100 (PJ) para cada ano (2019, 2020, 2021, 2022), para a commodity ELC002. Clique em **Save data (Salvar dados)**

Terceira etapa:

- Vá até o **parâmetro** SpecifiedDemandProfile e adicione, para a commodity ELC002, os valores mostrados na tabela abaixo, **para todos os anos** (certifique-se de **selecionar ELC002 como commodity!**)
- Clique em **Save data (Salvar dados)**

TimeSlice	Commodity: ELC002
SD	0.32
SN	0.08
WD	0.18
WN	0.42

Tente se lembrar do significado de AccumulatedAnnualDemand, SpecifiedAnnualDemand e SpecifiedDemandProfile e, **se não se lembrar, volte à Aula 5**. Além disso, repita por conta própria como o YearSplit e o



SpecifiedDemandProfile são calculados e reflita sobre a **diferença entre os dois**. Você receberá perguntas sobre isso no Quiz.

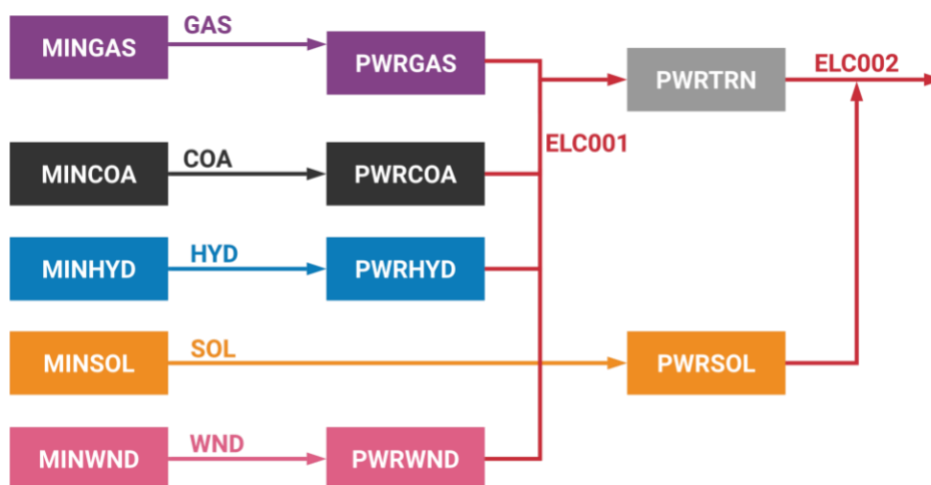
Atividade 3 - Executar o modelo

Agora, gere um caso para esse modelo, faça o download do arquivo de dados e execute-o (se não se lembrar de como fazer isso, por favor, volte à Atividade 3 da aula prática 3).

Atividade 4 - Adicionar fornecimento de energia renovável

Antes de iniciar esta atividade, copie o modelo mais recente, ou seja, o modelo da Atividade 2 deste curso prático (se você não se lembrar como, volte à Atividade 1 da aula prática 4).

Com essa atividade, você introduzirá no modelo tecnologias de fornecimento de energia renovável que poderiam contribuir para o fornecimento de eletricidade em paralelo à usina a carvão e à usina a gás. Quando essa atividade for concluída, o Sistema Energético de Referência de seu modelo terá a aparência da figura abaixo. Em comparação com o estágio anterior, você terá adicionado energia hidrelétrica (PWRHYD), energia solar fotovoltaica em telhados (PWR SOL) e turbinas eólicas (PWRWND). Cada um deles utiliza um recurso (respectivamente, MINHYD, MINSOL, MINWND para recursos hidrelétricos, solares e eólicos) e fornece eletricidade para atender à demanda.



Para começar, você precisa **adicionar as novas tecnologias e as commodities relacionadas aos SETs**.

Para as commodities:

- Para o novo modelo que você acabou de copiar, vá para 'configurar o modelo' e clique em COMMODITIES
- Adicione ao SET as 3 commodities a seguir: HYD, SOL, WND
- As unidades para todas essas commodities serão as mesmas que as anteriores.
- Clique em **Save (Salvar)**

Para as tecnologias:

- Para o novo modelo que você acabou de copiar, vá até o modelo de configuração e TECHNOLOGY (TECNOLOGIA)
- Adicione as 6 tecnologias a seguir: MINHYD, MINSOL, MINWND, PWRHYD, PWRTRN e PWRWND
- as commodities de entrada e saída para as tecnologias com base na figura acima
- As unidades para todas essas tecnologias serão as mesmas que as do site anterior □
Clique em **Save (Salvar)**

Agora, **crie as conexões entre as tecnologias e as commodities** de acordo com as figuras. Para criar as conexões, você precisará usar os parâmetros InputActivityRatio e OutputActivityRatio. Você presumirá que todas essas tecnologias têm 100% de eficiência. Isso corresponde a ter **valores de 1 PJ/PJ para InputActivityRatio e OutputActivityRatio**. Para relembrar como esses parâmetros são inseridos, você pode voltar à Atividade 1 da aula prática 3 e relembrar como fez para a PWRCOA e a PWRGAS. Outras dicas são:

- MINHYD, MINSOL e MINWND terão apenas OutputActivityRatios, de valor 1 PJ/PJ (PJ de produção por PJ de exercício), respectivamente, para as commodities mostradas na figura acima (com as setas voltadas para fora). **Elas não têm inputs. Esteja**

ciente disso, pois o fornecimento de entradas para essas tecnologias por engano fará com que o modelo trave.

- A PWRHYD e a PWRWND terão InputActivityRatio e OutputActivityRatio, de valor 1 PJ/PJ, respectivamente, para as commodities mostradas na figura acima pelas diferentes linhas de entrada e saída. Observe que a commodity de eletricidade de saída para essas duas tecnologias é ELC001, ou seja, a eletricidade que alimenta a rede de transmissão.
- A PWRWIND terá um InputActivityRatio de 1 PJ/PJ para a commodity SOL e um OutputActivityRatio de 1 PJ/PJ para a commodity ELC002, ou seja, a eletricidade para usos finais. Observe que, ao contrário de PWRHYD e PWRWIND, não há OutputActivityRatio para ELC001, a eletricidade que alimenta a rede de transmissão. Isso ocorre porque a PWRWIND representa a energia fotovoltaica do telhado e não está conectada à rede de transmissão.

Por fim, **insira os parâmetros técnico-econômicos de todas essas tecnologias.** Primeiro, insira os valores dos parâmetros na tabela abaixo. Lembre-se de inserir esses valores **para todos os anos**. O **CapacityToActivityUnit** para MINHYD, MINWIND e MINSOL deve ser 1.

Parâmetro	Unidades	PWRHYD	PWRWIND	PWRWIND
AvailabilityFactor	Fração	1	1	1
CapitalCost	\$/kW	2500	1200	1600
FixedCost	\$/kW/ano	60	20	40
VariableCost	\$/GJ	0	0	0
OperationalLife	Anos	80	20	20
CapacityToActivityUnit	PJ/GW	31.536	31.536	31.536

De acordo com a tabela abaixo, insira os fatores de capacidade para as três tecnologias de fornecimento de eletricidade, PWRHYD, PWRWIND e PWRWIND. Além disso, nesse caso, lembre-se de inserir os valores **para todos os anos**.

TimeSlice	PWRHYD	PWRWIND	PWRWIND
SD	0.30	0.45	0.30
SN	0.30	0.00	0.20



WD	0.50	0.35	0.25
WN	0.50	0.00	0.30

Lembre-se de que os fatores de capacidade, no caso do fornecimento de eletricidade renovável, são o que indicará modelo que o recurso nem sempre está disponível e que apenas uma parte da capacidade instalada pode ser realmente usada. Além disso, observe que os fatores de capacidade têm valores diferentes em diferentes TimeSlices. Isso indica que as energias renováveis variáveis podem não estar sempre disponíveis para atender à demanda de eletricidade, independentemente do perfil da demanda. Isso pode fazer com que outra energia (não renovável) seja necessária para atender à demanda. Reflita sobre tudo isso e volte à Aula 5 para conhecer todos os conceitos. Isso o ajudará no teste prático.

Atividade 5 - Executar o modelo

Agora, gere um caso para esse modelo, faça o download do arquivo de dados e execute-o (se não se lembrar de como fazer isso, por favor, volte à Atividade 3 da aula prática 3).

Reflexão

Opcional (não há necessidade de entrega)

- Que tipo de situação seu modelo está representando agora? Quais demandas estão incluídas? Quais opções de fornecimento estão incluídas?
- O que mudou nos resultados do exercício 2.4 em comparação com o exercício anterior e por quê?
- O que acontece se o fator de capacidade das energias renováveis mudar, por exemplo, uma mudança nos fatores de capacidade da energia hidrelétrica ou eólica para (**você pode escolher um valor razoável de fontes nacionais ou internacionais e executar o modelo novamente**)
- O que acontece se o custo de uma tecnologia diminuir, por exemplo, a energia solar fotovoltaica. Altere o custo de capital para... (**você pode escolher um valor razoável de fontes nacionais ou internacionais e executar o modelo novamente**).