



Introdução ao CLEWs

Aula prática 7: Introdução de novos parâmetros e do sistema hídrico

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^c, 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 Internacional [Creative Commons Attribution 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Citar como: K. Alexander, A. Shivakumar, V. Sridharan, F. Gardumi, T. Niet, T. Alfstad, 'Introduction to CLEWs Hands on lecture 7: Introducing new parameters and the water system', Climate Compatible Growth, 2023. DOI: 10.5281/zenodo.8340875.

Tags: CLEWs; Clima; Terra; Energia; Água; Sistema hídrico; Modelagem de sistemas; Integrado; Coerência de políticas; 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 6

Resultados da aprendizagem

Ao final desta aula prática, você será capaz de:

- 1) Compreender o uso de parâmetros que facilitam a implementação de restrições de capacidade e atividade nos sistemas CLEW
- 2) Descrever os principais recursos de um sistema hídrico
- 3) Criar uma representação simplificada de um sistema de água e seus vínculos com os outros sistemas do CLEW

Visão geral

Até agora, você construiu aspectos dos sistemas de energia e terra no modelo. Neste exercício prático, você criará commodities e tecnologias para representar o sistema hídrico no modelo CLEWs. Antes de representar o sistema hídrico, teremos uma breve visão geral de alguns novos parâmetros que facilitam a implementação de restrições de capacidade e atividade. Depois disso, você usará esses parâmetros na primeira atividade para implementar algumas restrições em alguns tipos de uso da terra. A tabela a seguir apresenta quatro parâmetros relacionados à capacidade e à atividade e sua funcionalidade.

Parâmetro	Limite de?	Descrição
TotalAnnualMinCapacity	Capacidade	A capacidade anual total deve ser maior que esse valor
TotalAnnualMinCapacityInvestment	Capacidade	A nova capacidade anual deve ser superior a esse valor
TotalAnnualMaxCapacity	Capacidade	A capacidade anual total não pode exceder esse valor
TotalAnnualMaxCapacityInvestment	Capacidade	A nova capacidade anual não pode exceder esse valor
TotalTechnologyAnnualActivityLowerLimit	Atividade	A atividade anual deve ser superior a esse valor
TotalTechnologyAnnualActivityUpperLimit	Atividade	A atividade anual não pode exceder esse valor
TechnologyActivityByModeLowerLimit	Atividade	A atividade anual em um modo específico deve ser superior a esse valor

TechnologyActivityByModeUpperLimit	Atividade	A atividade anual em um modo específico não pode exceder esse valor
TotalTechnologyModelPeriodActivityLowerLimit	Atividade	A atividade total durante todo o período do modelo deve ser maior do que esse valor
TotalTechnologyModelPeriodActivityUpperLimit	Atividade	A atividade total durante todo o período do modelo não pode exceder esse valor

Deve-se levar em consideração que os parâmetros descritos acima têm índices diferentes. Alguns podem ser definidos para cada modo de operação, enquanto outros podem ter de ser definidos para a tecnologia como um todo. A tabela abaixo apresenta os índices dos respectivos parâmetros. A compreensão dos índices também ajudará nas rotinas de entrada de dados. Também é importante observar que cada um desses parâmetros tem um "valor padrão" no OSeMOSYS. Isso significa que, se os parâmetros não forem especificados explicitamente, o valor padrão será assumido. A tabela abaixo também detalha o valor padrão dos parâmetros.

Parâmetro	Índices	Padrão Valor
TotalAnnualMinCapacity	Região, Tecnologia, Ano	0
TotalAnnualMinCapacityInvestment	Região, Tecnologia, Ano	0
TotalAnnualMaxCapacity	Região, Tecnologia, Ano	9999999
TotalAnnualMaxCapacityInvestment	Região, Tecnologia, Ano	9999999
TotalTechnologyAnnualActivityLowerLimit	Região, Tecnologia, Ano	0
TotalTechnologyAnnualActivityUpperLimit	Região, Tecnologia, Ano	9999999
TechnologyActivityByModeLowerLimit	Região, Tecnologia, Modo de Operação, Ano	0
TechnologyActivityByModeUpperLimit	Região, Tecnologia, Modo de Operação, Ano	9999999
TotalTechnologyModelPeriodActivityLowerLimit	Região, Tecnologia	0
TotalTechnologyModelPeriodActivityUpperLimit	Região, Tecnologia	9999999

Uma explicação para o uso de limites de atividade

- Eles podem ser usados para restringir ou forçar a atividade anual de uma tecnologia. Por exemplo, a capacidade de produção anual máxima/mínima (atividade) de uma usina de biodiesel pode ser implementada usando os seguintes parâmetros. Esses parâmetros podem ser usados para restringir a atividade total da tecnologia. Eles são independentes do modo.

Parâmetro	Y0	Y1	Y2	Yn
TotalTechnologyAnnualActivityUpperLimit	ValorMax	ValorMax	ValorMax	ValorMax
TotalTechnologyAnnualActivityLowerLimit	ValorMin	ValorMin	ValorMin	ValorMin

- Eles podem ser usados para restringir ou forçar a atividade anual da tecnologia em um determinado modo de operação. Por exemplo, os parâmetros a seguir podem determinar a atividade anual de um tipo de uso de terra. Esses parâmetros dependentes do modo precisam ser usados com cuidado, pois podem competir com os limites de atividade da tecnologia.

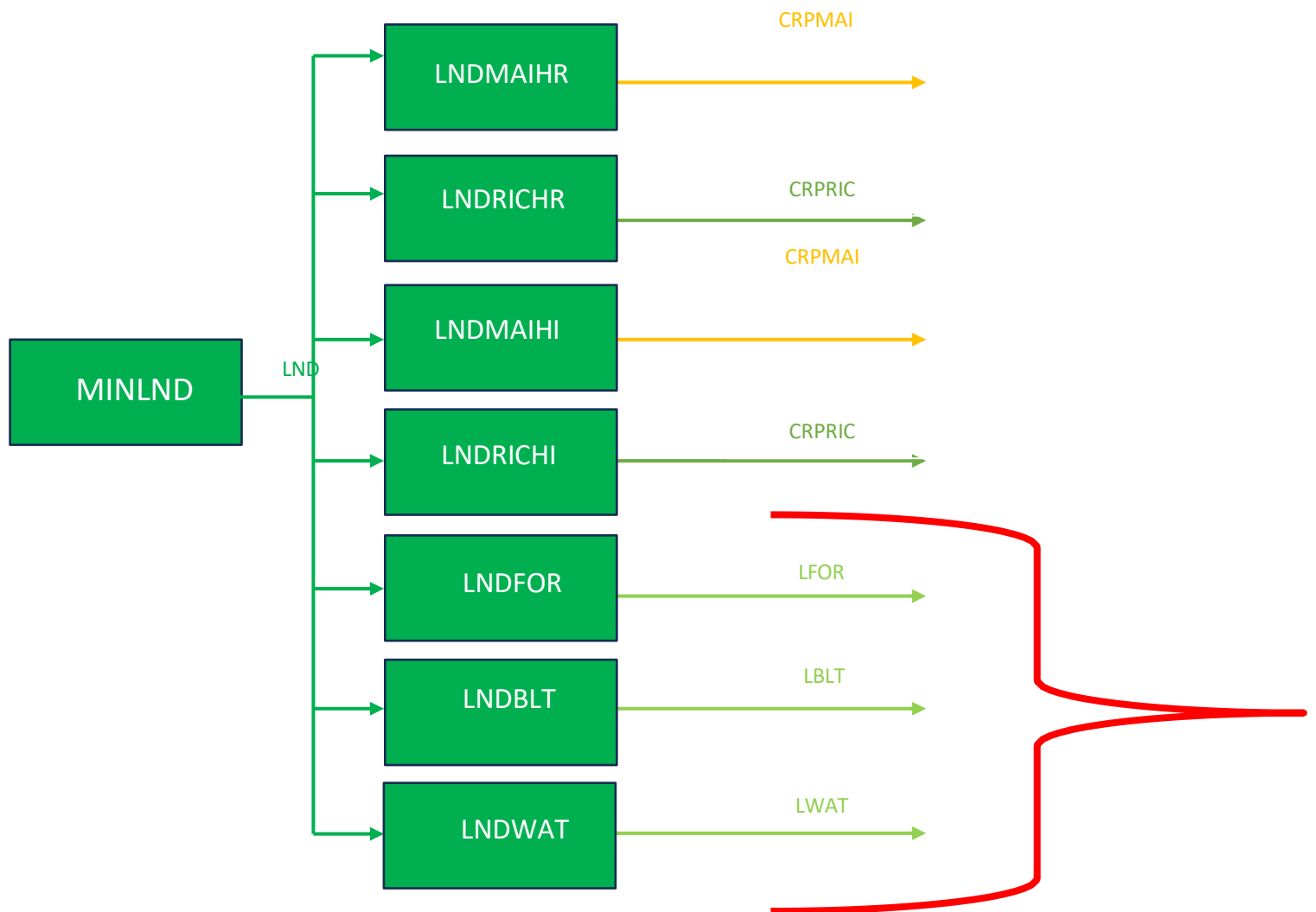
Parâmetro	Y0	Y1	Y2	Yn
TechnologyActivityByModeUpperLimit	ValorMax	ValorMax	ValorMax	ValorMax
TechnologyActivityByModeLowerLimit	ValorMin	ValorMin	ValorMin	ValorMin

- Eles também podem ser usados para definir a atividade máxima de uma tecnologia para todo o período do modelo. Por exemplo, suponha que a quantidade explorável de reservas de petróleo em um país seja fixa. Nesse caso, esse parâmetro pode fornecer um valor máximo para esse número em um país. Da mesma forma, os parâmetros também podem ser usados na necessidade de uma restrição de atividade mínima.

Parâmetro	Período do modelo
TotalTechnologyModelPeriodActivityUpperLimit	ValorMax
TotalTechnologyModelPeriodActivityLowerLimit	ValorMin

Atividade 1 - Introdução de restrições de atividade para terrenos construídos e corpos d'água

Nesta atividade, você usará os parâmetros introduzidos acima para implementar restrições de atividade para terrenos construídos e corpos d'água. Você trabalhará com limites superiores e inferiores de atividade dependentes do modo, conforme detalhado abaixo.

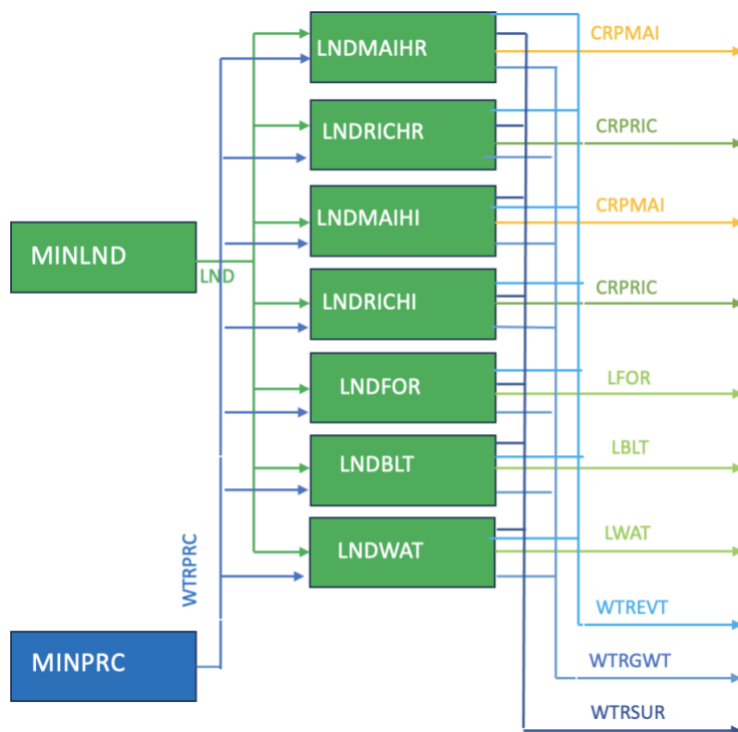


Vamos supor que o terreno alocado para a categoria de terreno construído aumente de 70 unidades em 2019 a uma taxa de crescimento anual de 2% até 2022, ou seja, o valor em 2020 será $70 * 1,02$, e o valor em 2021 será $70 * 1,02 * 1,02$ e assim por diante. Você terá de usar o parâmetro "**TechnologyActivityByModelLowerLimit**". Além disso, espera-se que a terra alocada para corpos d'água permaneça constante em 30 unidades de 2019 a 2022. Use o mesmo parâmetro da adição de terras construídas e adicione o valor constante de 30. **Quando as alterações mencionadas acima tiverem sido implementadas, por favor, execute novamente o modelo na plataforma on-line e visualize os resultados.**

Atividade 2 – Apresentando conexões do sistema hídrico - parte 1

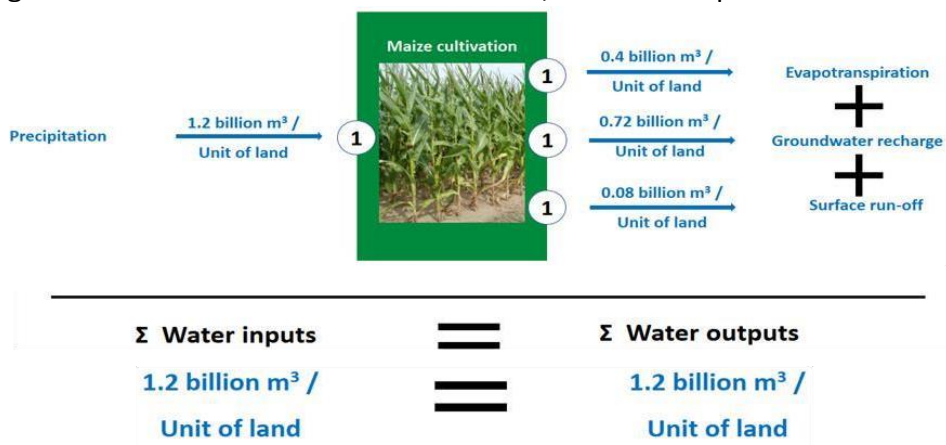
Por favor, crie uma nova versão do modelo copiando a última.

Antes de entrar no sistema hídrico, teremos uma breve visão geral das suas. Ao final desta prática, você deverá ter representado a seguinte configuração dentro do modelo.



Quando se trata do sistema hídrico, há duas entradas principais e três saídas principais que interagem com o sistema terrestre. A classificação das terras agrícolas é, na verdade, uma função do tipo de entrada de água. Com base no fato de haver ou não fornecimento artificial de água, elas são diferenciadas em terras irrigadas ou de sequeiro.

Nesta atividade, começamos ilustrando o caso em que não há entrada artificial de água na terra agrícola. A figura abaixo ilustra os vínculos nesse caso, com o exemplo do cultivo de milho.



Para essa atividade, precisaremos adicionar uma nova tecnologia (MINPRC) e quatro novas commodities (WTRPRC, WTREVT, WTRGWT, WTRSUR). A unidade de atividade para as tecnologias e commodities de água será de bilhões de m³ (de água). Vincule as tecnologias às commodities com base na figura da página anterior.

Convenção de nomenclatura	Entidade	Descrição
MINPRC	Tecnologia	Tecnologia que produz chuva
WTRPRC	Commodity	Água de precipitação
WTREVT	Commodity	Água que é evapotranspirada
WTRGWT	Commodity	Água para recarga de reservatórios subterrâneos
WTRSUR	Commodity	Água em fontes de água de superfície

Você precisa se certificar de que todas as commodities estejam sempre vinculadas a uma tecnologia em sua origem. Por exemplo, a commodity WTRPRC neste modelo terá de ser produzida por uma tecnologia (MINPRC). Nessa atividade, adicionaremos apenas os inputs da precipitação e todos os outputs relevantes. O componente de água irrigada é discutido na atividade seguinte. A tabela a seguir fornece os dados de entrada para essa atividade.

Tecnologia	Commodity	Valor	Parâmetro
MINPRC	WTRPRC	1 bilhão de m ³ / bilhão de m ³	OutputActivityRatio

Conforme discutido acima, primeiro você precisará conectar a commodity para precipitação com sua fonte usando o parâmetro "**OutputActivityRatio**". Depois disso, você terá de inserir os links necessários para o sistema de água para cada tecnologia de tipo de cobertura de terra.

Commodities de água de entrada (Inputs)	Tecnologia	Produção de commodities de água (Outputs)		
		WTREVT	WTRGWT	WTRSUR
WTRPRC				
1.2	LNDMAIHR	0.4	0.08	0.72
1.2	LNDRICHR	0.6	0.06	0.54
1.2	LNDMAIHI	0.5	0.1	0.9
1.2	LNDRICHI	0.75	0.09	0.81
1.2	LNDFOR	0.85	0.03	0.32
1.2	LNDBLT	0.75	0.04	0.41
1.2	LNDWAT	0.4	0.08	0.72

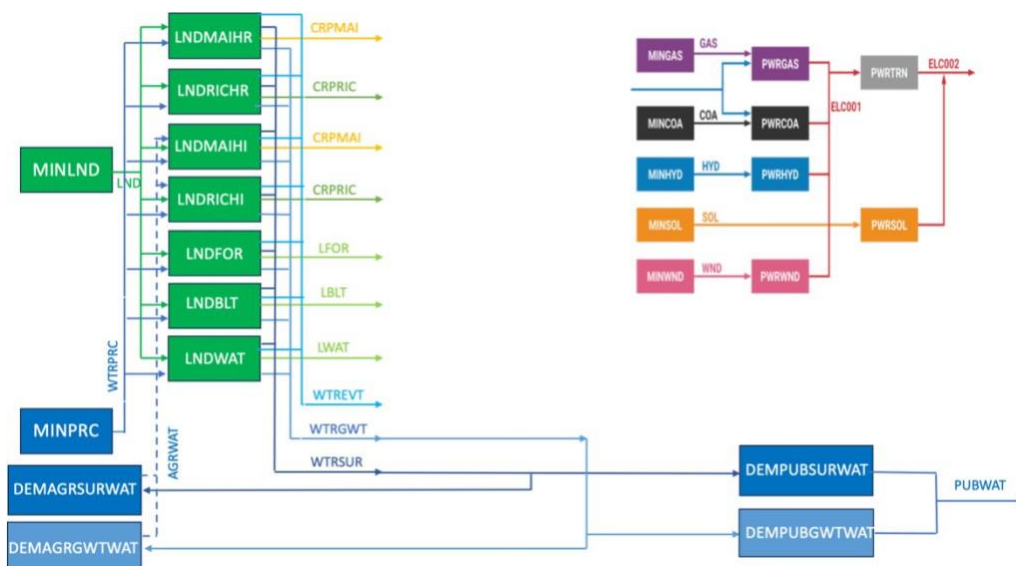
Há muitas maneiras de inserir os dados acima no modelo. A mais simples é inserir os dados uma commodity de cada vez. A unidade para todas as entradas acima é **bilhões de m³ / 1.000 km²**.

Os valores acima são uma versão simplificada e média dos dados reais do balanço hídrico para diferentes tipos de cobertura de terra sob diferentes condições de abastecimento de água. Na realidade, esses valores variariam significativamente de acordo com fatores como tipo de vegetação, localização geográfica e via climática. Os valores usados aqui capturam amplamente as diferenças relativas entre os componentes do balanço hídrico para cada tipo de cobertura do solo.

Após adicionar todas as entradas, execute o modelo e visualize os resultados.

Atividade 3 - Apresentando as conexões do sistema hídrico - parte 2

Nesta atividade, você apresentará a água usada para irrigação e incluirá novas tecnologias e commodities para representar a quantidade de água usada para atender à demanda pública. Você também diferenciará entre recursos hídricos de superfície e subterrâneos. Sua estrutura de modelo para os sistemas de terra e água deve se parecer com o diagrama ilustrado abaixo no final da atividade.

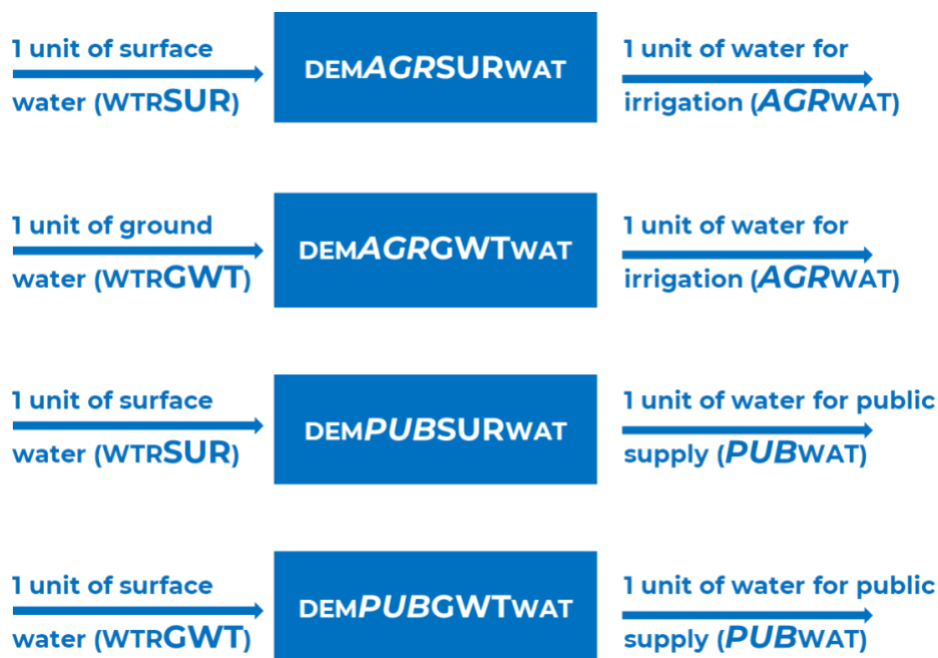


Antes de iniciar a atividade, examinaremos alguns dos esquemas de entrada e saída para entender os vínculos.



A commodity que representa a água para irrigação é chamada AGRWAT (Agricultural Water). Você precisará adicionar essa nova commodity. A AGRWAT pode ser obtida tanto de águas superficiais (WTRSUR) quanto de águas subterrâneas (WTRGWT). Da mesma forma, a água para consumo público (PUBWAT) também pode ser obtida das mesmas duas fontes. Para levar em conta o consumo de água de diferentes fontes e diferenciar as demandas, usamos quatro novas tecnologias.

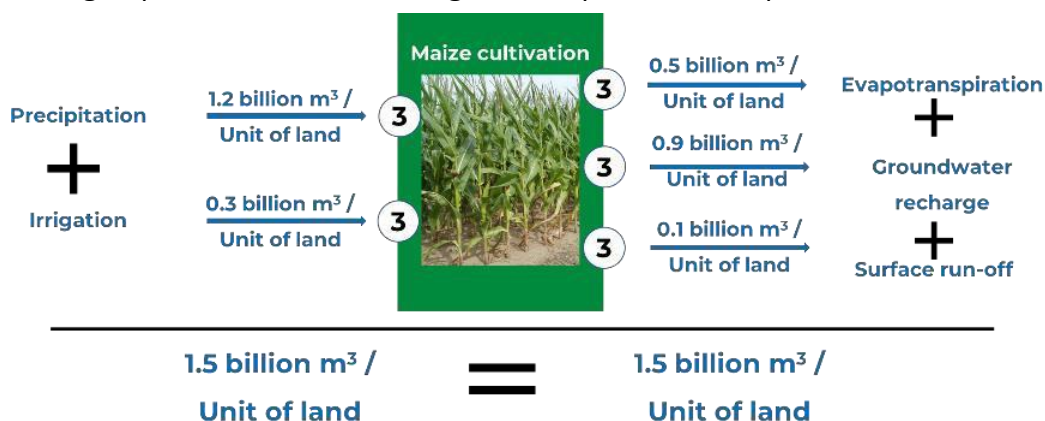
As tecnologias **DEMAGRSURWAT** e **DEMAGRGWTWAT** são responsáveis pela água usada para irrigação. As tecnologias **DEMPUBSURWAT** e **DEMPUBGWTWAT** são responsáveis pelo abastecimento público de água.



A esta altura, você já deve ser proficiente em adicionar novas tecnologias e commodities. Por favor, adicione o seguinte.

- **Novas tecnologias:** DEMAGRSURWAT, DEMAGRGWTWAT, DEMPUBSURWAT, DEMPUBGWTWAT
- **Novas commodities:** AGRWAT, PUBWAT

Quando as plantas são irrigadas, sua produtividade aumenta e, ao mesmo tempo, a evapotranspiração e outras saídas de água também aumentam. Isso pode ser observado na ilustração a seguir para terras de milho irrigado. O equilíbrio ainda precisa ser mantido.



A tabela a seguir fornece as proporções necessárias para a entrada do AGRWAT para o terras irrigadas de milho e arroz. Os novos insumos necessários estão marcados em vermelho, com



os dados anteriores ainda presentes nessa tabela. Mais uma vez, a unidade para todos os dados da tabela é **bilhões de m3 / 1.000 km2**.

Commodities de água de entrada		Tecnologia	Produção de commodities de água		
WTRPRC	AGRWAT		WTREVT	WTRGWT	WTRSUR
1.2		LNDMAIHR	0.4	0.08	0.72
1.2		LNDRICHR	0.6	0.06	0.54
1.2	0.3	LNDMAIHI	0.5	0.1	0.9
1.2	0.45	LNDRICHI	0.75	0.09	0.81
1.2		LNDFOR	0.85	0.03	0.32
1.2		LNDBLT	0.75	0.04	0.41
1.2		LNDWAT	0.4	0.08	0.72

Você terá que incluir as entradas do AGRWAT para as respectivas tecnologias. Além disso, você também implementará uma nova demanda de água pública. O parâmetro **"AccumulatedAnnualDemand"** será usado para essa finalidade. Espera-se que a demanda pública de água (PUBWAT) aumente de 12 bilhões de metros cúbicos (BCM) em 2019 a uma taxa de crescimento anual de 2% até 2022. Você também precisará fazer as conexões entre as tecnologias de abastecimento de água e os centros de demanda. **A tabela a seguir detalha todos os inputs e outputs que precisam ser estabelecidos.**

DEMAGRSURWAT	Water supply technology that uses 1 unit of WTRSUR to produce 1 unit of AGRWAT	InputActivityRatio & OutputActivityRatio
DEMAGRGWTWAT	Water supply technology that uses 1 unit of WTRGWT to produce 1 unit of AGRWAT	InputActivityRatio & OutputActivityRatio
DEMPUBSURWAT	Water supply technology that uses 1 unit of WTRSUR to produce 1 unit of PUBWAT	InputActivityRatio & OutputActivityRatio
DEMPUBGWTWAT	Water supply technology that uses 1 unit of WTRGWT to produce 1 unit of PUBWAT	InputActivityRatio & OutputActivityRatio

Quando toda a entrada de dados estiver concluída, execute novamente o modelo e visualize os resultados usando a plataforma on-line.



Reflexão

Opcional (não há necessidade de entrega)

- Quais são as possíveis vantagens e desvantagens dessa representação simplificada do ciclo da água?
- Existem outras abordagens e ferramentas para modelar um sistema hídrico e suas ligações com o sistema terrestre, de acordo com sua experiência?
- Quais tecnologias e commodities nesse modelo agora representam usos finais da água?
- Observe os resultados da Atividade 3: o balanço hídrico foi respeitado?