

Webinar Fontes Renováveis Variáveis

Contribuições para modelagem das fontes renováveis variáveis
no planejamento e operação do SIN



Uma abordagem bayesiana para a modelagem de recursos renováveis não convencionais: a ferramenta Time Series Lab

GT METODOLOGIA
28/10/2020

Coordenação: CCEE

Assessoria Técnica:

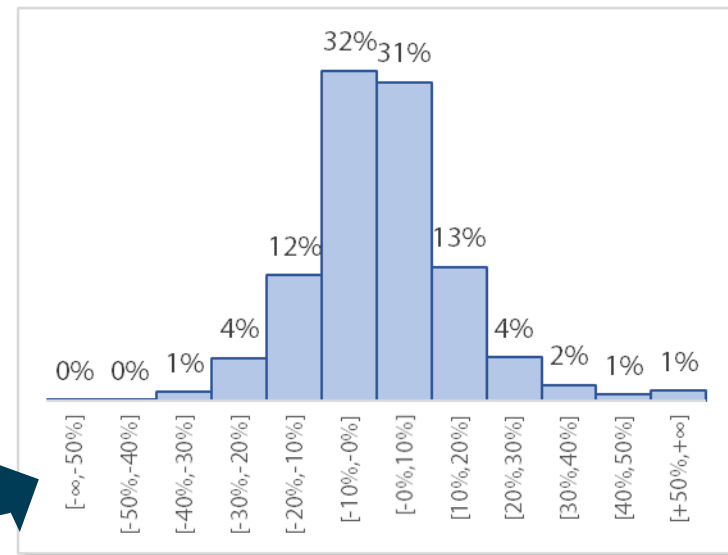


Porque necessitamos de uma ferramenta de modelagem renovável?

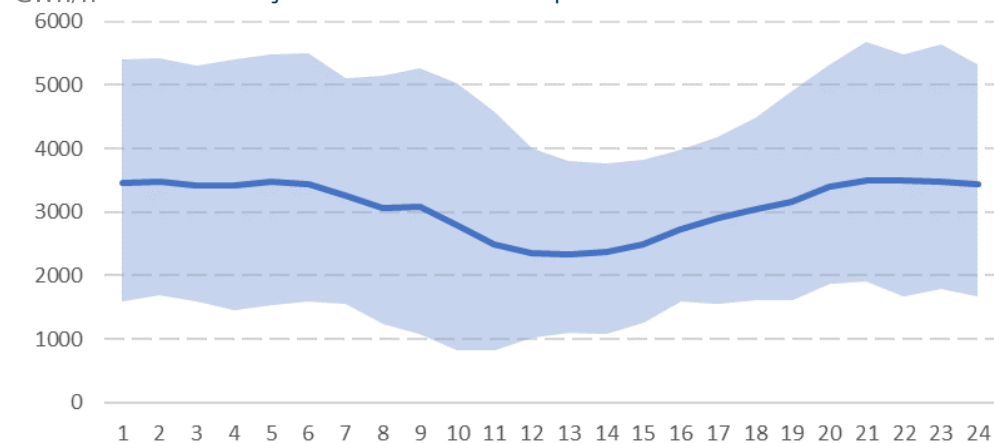
Geração Eólica Horária no Nordeste em Fevereiro – GWh/h



Variação hora a hora

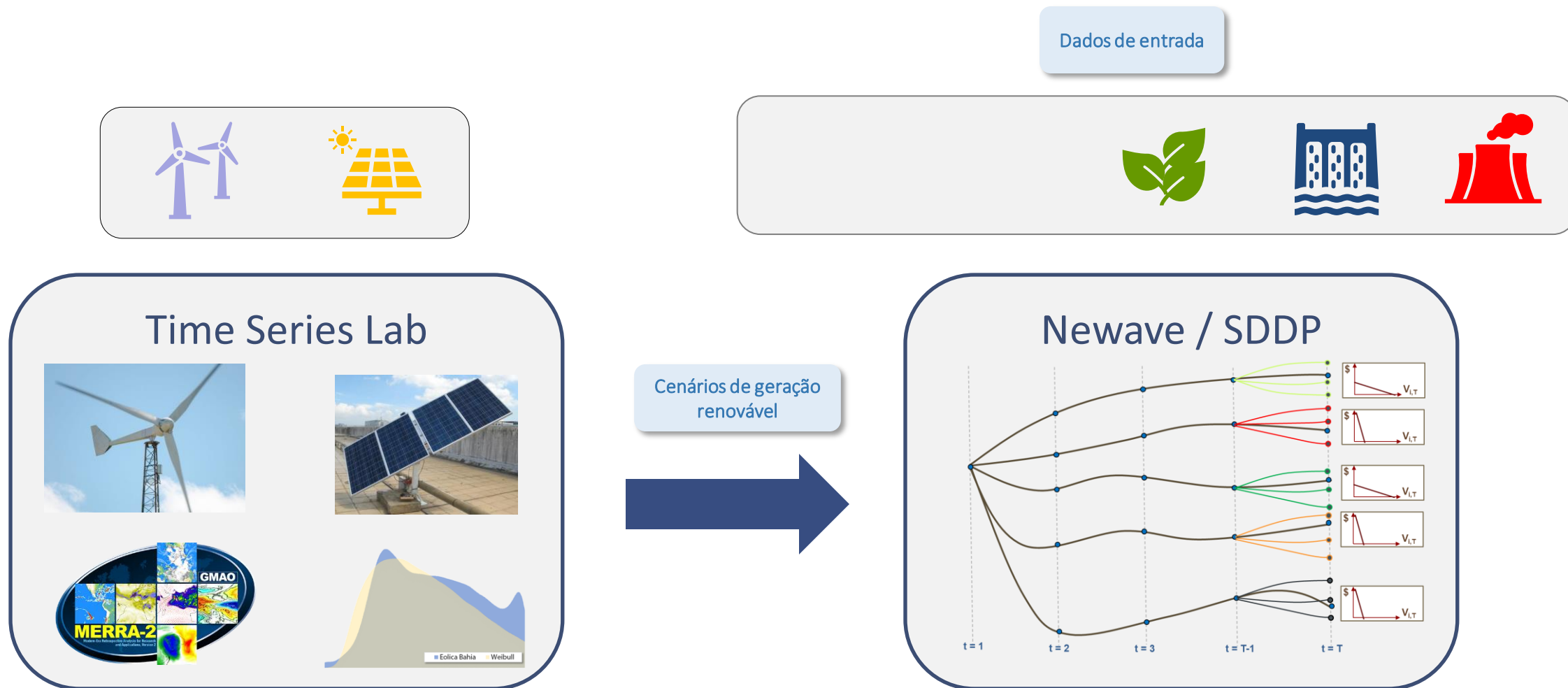


GWh/h Geração Horária – Dia típico



Ferramentas estatísticas são essenciais para uma correta representação da variabilidade e incerteza desse tipo de recurso.

Integração do Time Series Lab com o Newave ou SDDP



Entrando na modelagem matemática em si...

Usinas hidroelétricas

- Fácil acesso aos dados históricos
- Dados disponíveis mesmo para projetos futuros
- Dados com resolução mensal ou semanal
- Modelo estatístico relativamente aceito e reconhecido na literatura

PAR(p) é o modelo normalmente utilizado para modelagem hidrológica

Usinas eólicas e solares

- Dados não estão disponíveis com facilidade, ou não existem
- Usinas existentes têm poucos dados históricos
- Projetos futuros não têm nada!
- Dados com resolução horaria ou sub-horária
- Modelo estatístico “desconhecido”
 - Varias abordagens na literatura

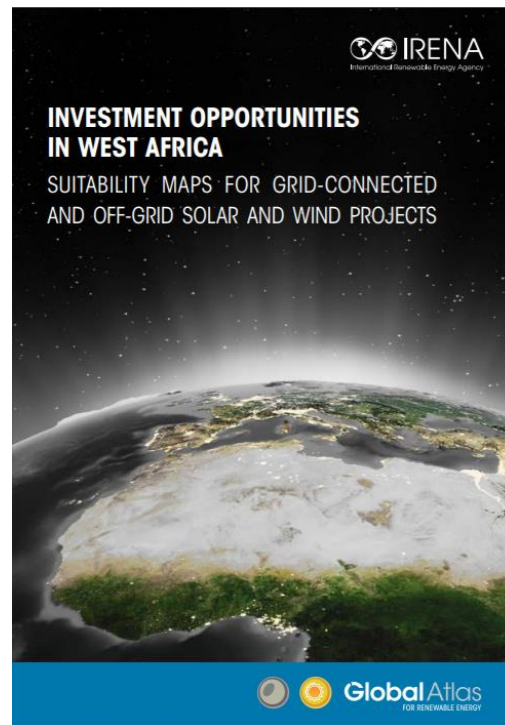
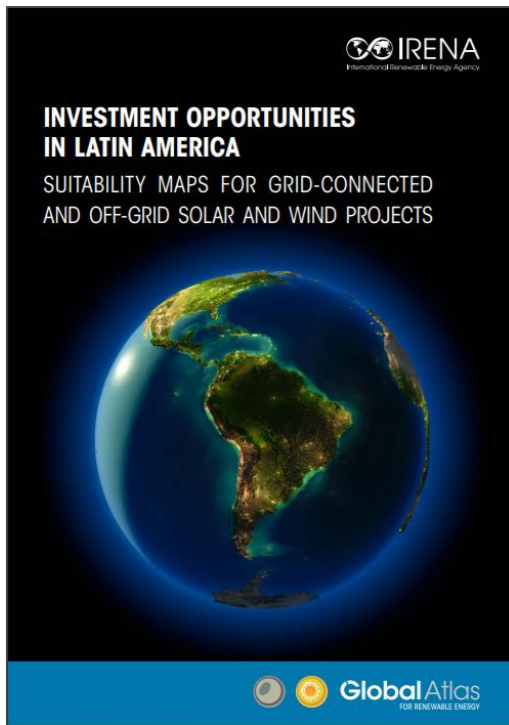
Estimação não paramétrica

Rede Bayesiana



Como conseguir dados históricos?

- Os dados históricos podem ser obtidos através de bases de dados de **Reanalises**



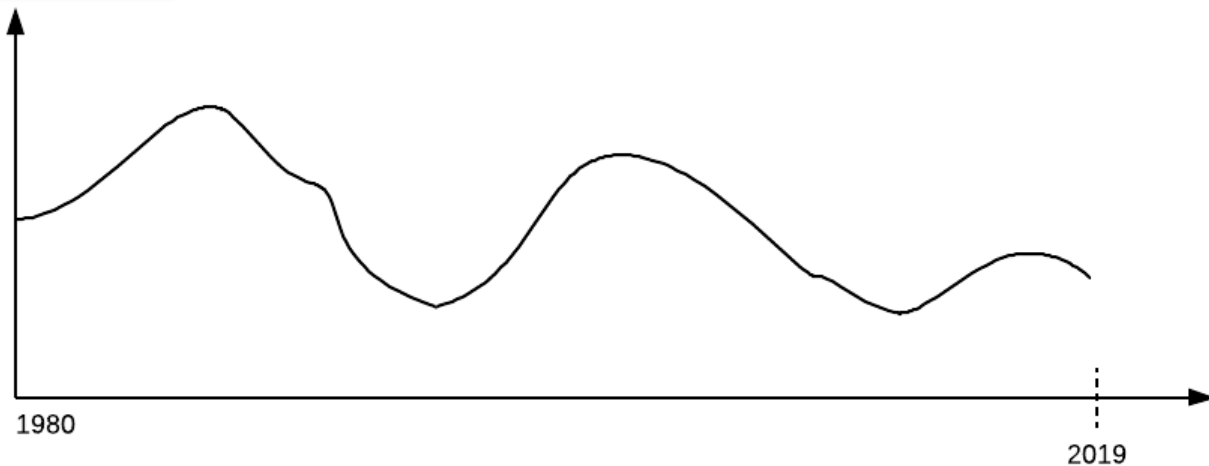
<http://www.irena.org/publications/2016/Jan/Investment-Opportunities-in-Latin-America-Global-Atlas>

<http://www.irena.org/publications/2016/Dec/Investment-Opportunities-in-West-Africa-Global-Atlas>

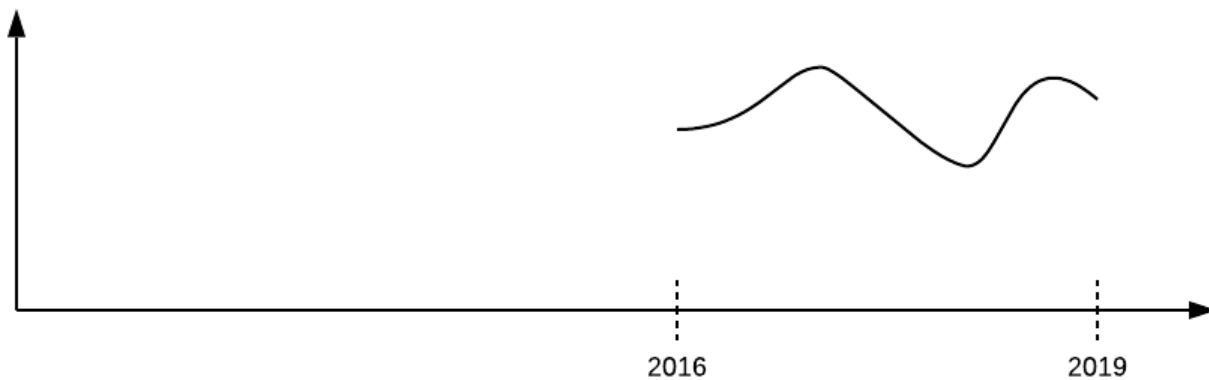
<http://www.irena.org/publications/2016/Jan/Investment-Opportunities-in-the-GCC-Global-Atlas>

Correção das bases de reanálise

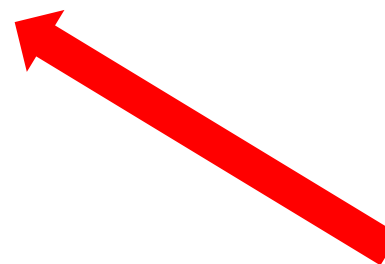
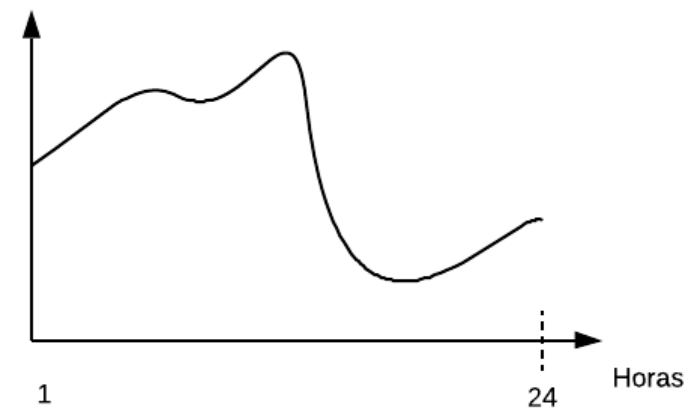
Dado de reanálise



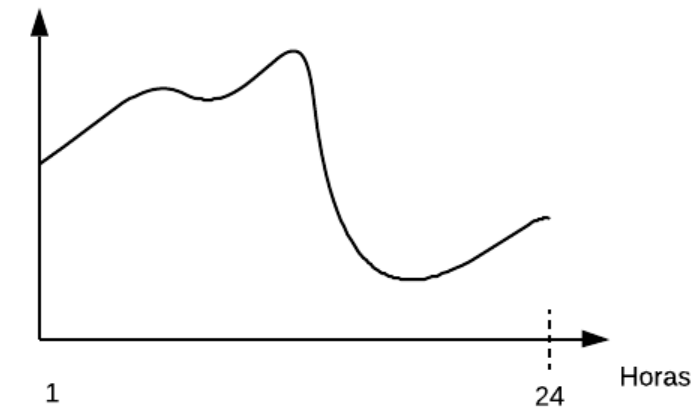
Dado de medição real



Perfil de geração

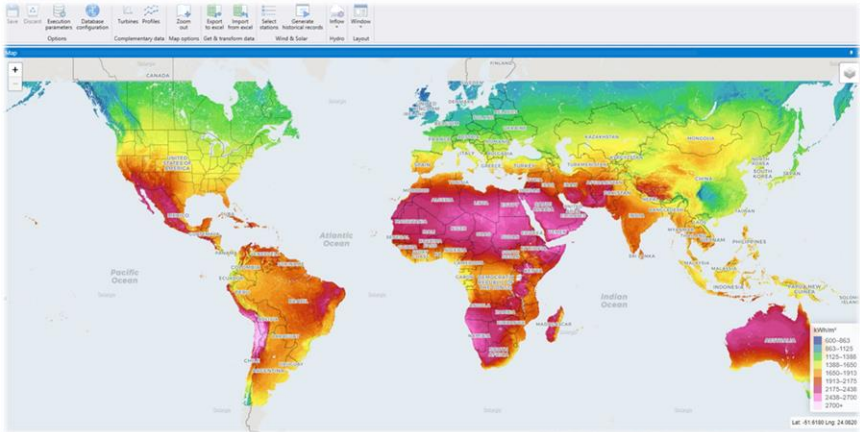


Perfil de geração



Com esses dados, conseguimos ajudar os usuários quanto a localização de projetos renováveis “genéricos”

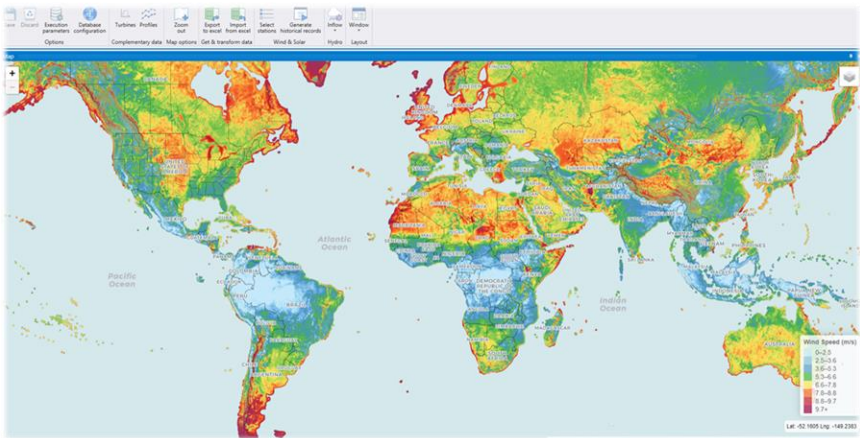
Irradiação solar



Time Series Lab

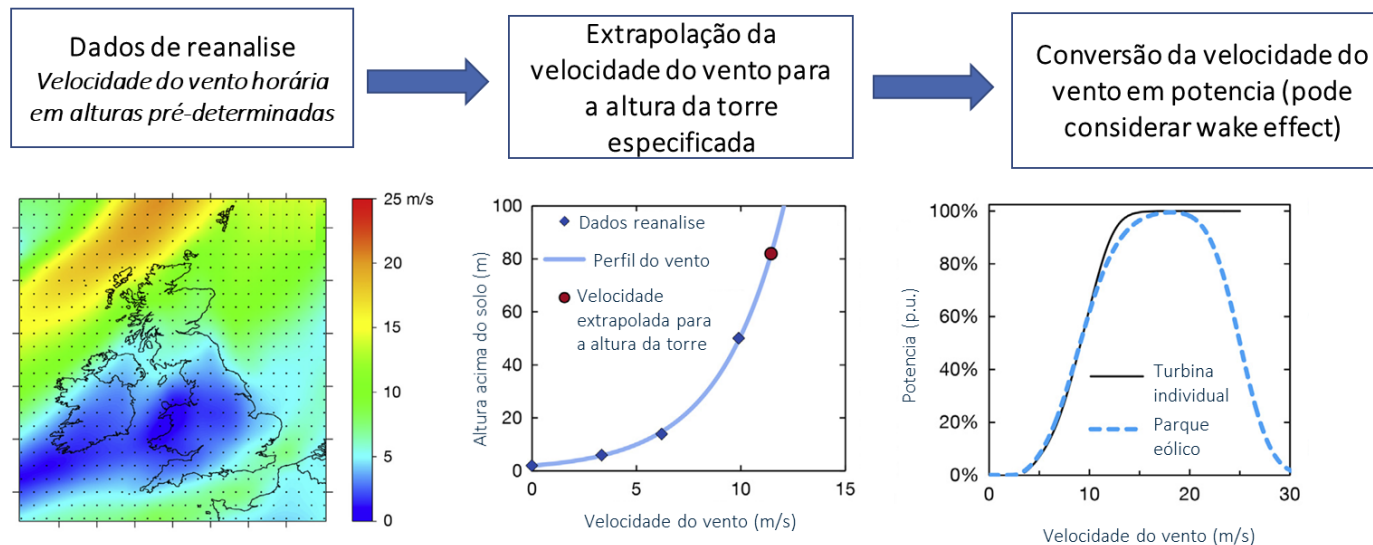


Velocidade do vento

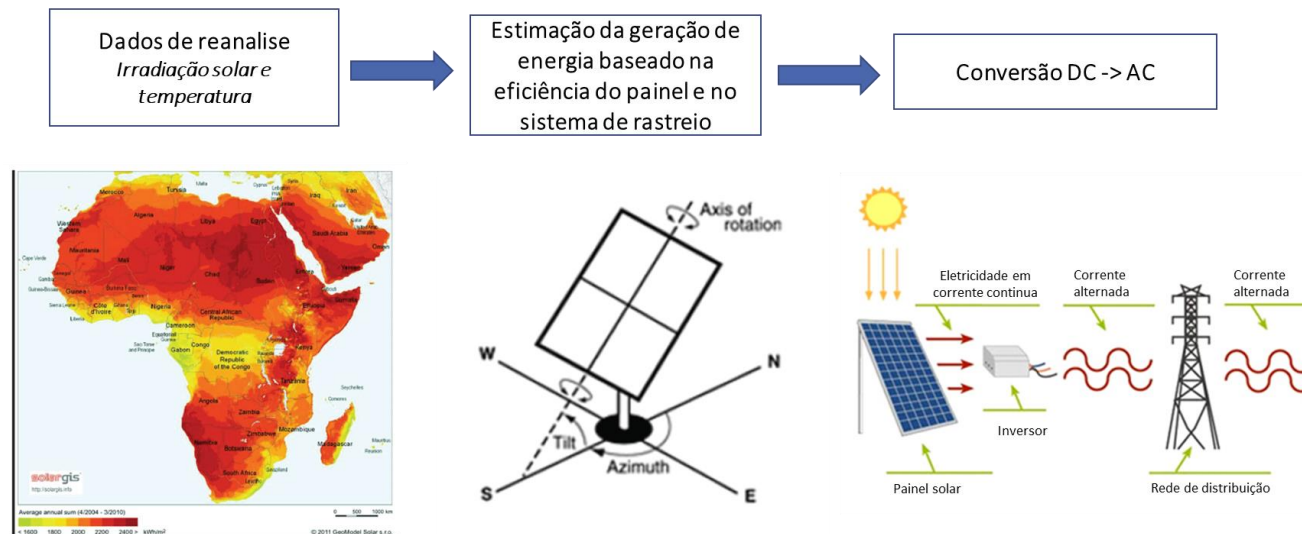


Conversão de recurso primário em energia

Conversão de vento em energia eólica



Conversão de irradiação e temperatura em energia solar



Temos dados históricos, e agora?

- ▶ A metodologia de geração de cenários têm três etapas:
 1. Estimação não paramétrica da distribuição de probabilidade
 2. Transformação de Nataf
 3. Rede Bayesiana

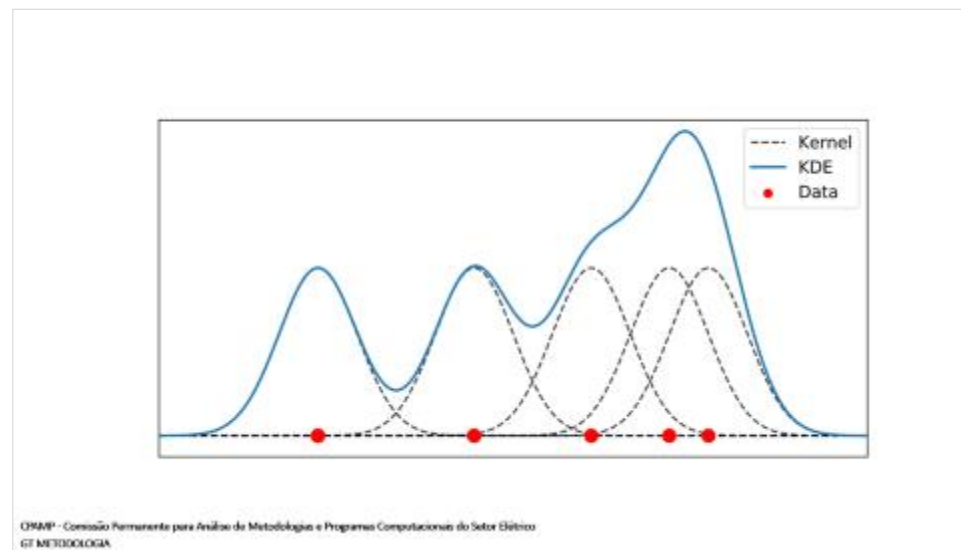
Estimação não paramétrica (Kernel Density Estimator)

- ▶ A metodologia de geração de cenários têm três etapas:
 1. Estimação não paramétrica da distribuição de probabilidade
 2. Transformação de Nataf
 3. Rede Bayesiana

Kernel Density Estimation (KDE)

- ▶ Estimador não paramétrico da distribuição de probabilidade
- ▶ Pode ser aplicado aos dados de vento, irradiação, vazão e outros

Davis, R. A., Lii, K. S., & Politis, D. N. (2011). Remarks on some nonparametric estimates of a density function. In *Selected Works of Murray Rosenblatt* (pp. 95-100). Springer, New York, NY.



Transformação para o “mundo” da normal

► A metodologia de geração de cenários têm três etapas:

1. Estimação não paramétrica da distribuição de probabilidade
2. Transformação de Nataf
3. Rede Bayesiana

Transformação de Nataf

► Converte qualquer distribuição de probabilidade conhecida numa Gaussiana

- I. Calcula a função acumulada dos dados a partir da integral da função calculada a partir do método do Kernel Density (Passo 1)
- II. Aplica a função acumulada da distribuição de probabilidade nos dados históricos (obtendo uma distribuição uniforme – conhecida como Transformação PIT)
- III. Aplica a função dos quantis de uma normal (inversa da acumulada) para obter um conjunto de dados que sigam uma distribuição Gaussiana

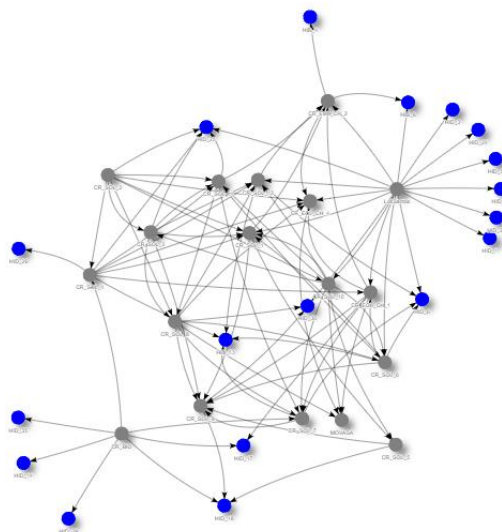
$$Z_i = \Phi^{-1}[F_{X_i}(X_i)]$$

A. Nataf, “Détermination des distributions de probabilité dont les marges sont données,” Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, vol. 225, pp. 42-43, 1962.

Busca pelos modelos estatísticos

► A metodologia de geração de cenários têm três etapas:

1. Estimação não paramétrica da distribuição de probabilidade
2. Transformação de Nataf
3. Rede Bayesiana

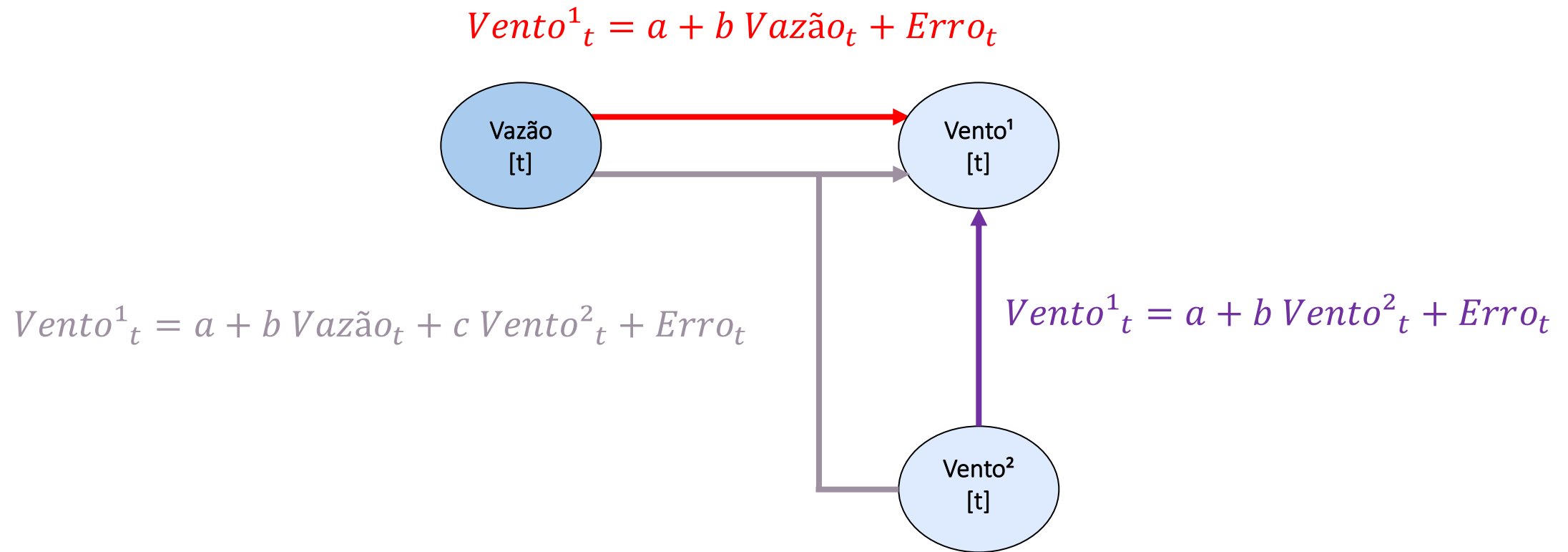


Rede Bayesiana

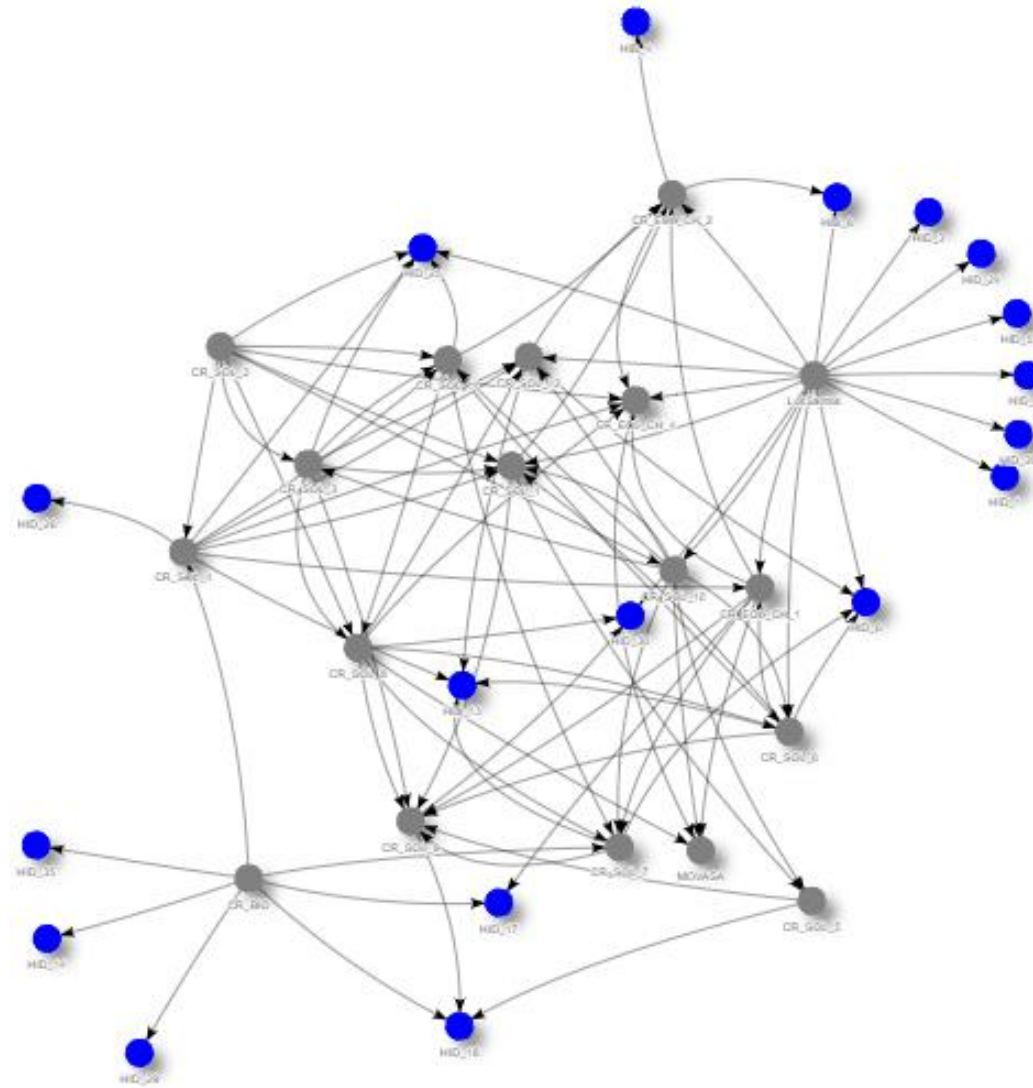
- Grafo direcional e acíclico, onde os **nós** são **variáveis aleatórias** e as **arestas** são **correlações** entre as variáveis
- O método busca pelas correlações mais significativas entre as variáveis
 - Em outras palavras, buscamos a menor topologia da rede

Pearl, J. (1985, August). Bayesian networks: A model of self-activated memory for evidential reasoning. In *Proceedings of the 7th Conference of the Cognitive Science Society, University of California, Irvine, CA, USA* (pp. 15-17).

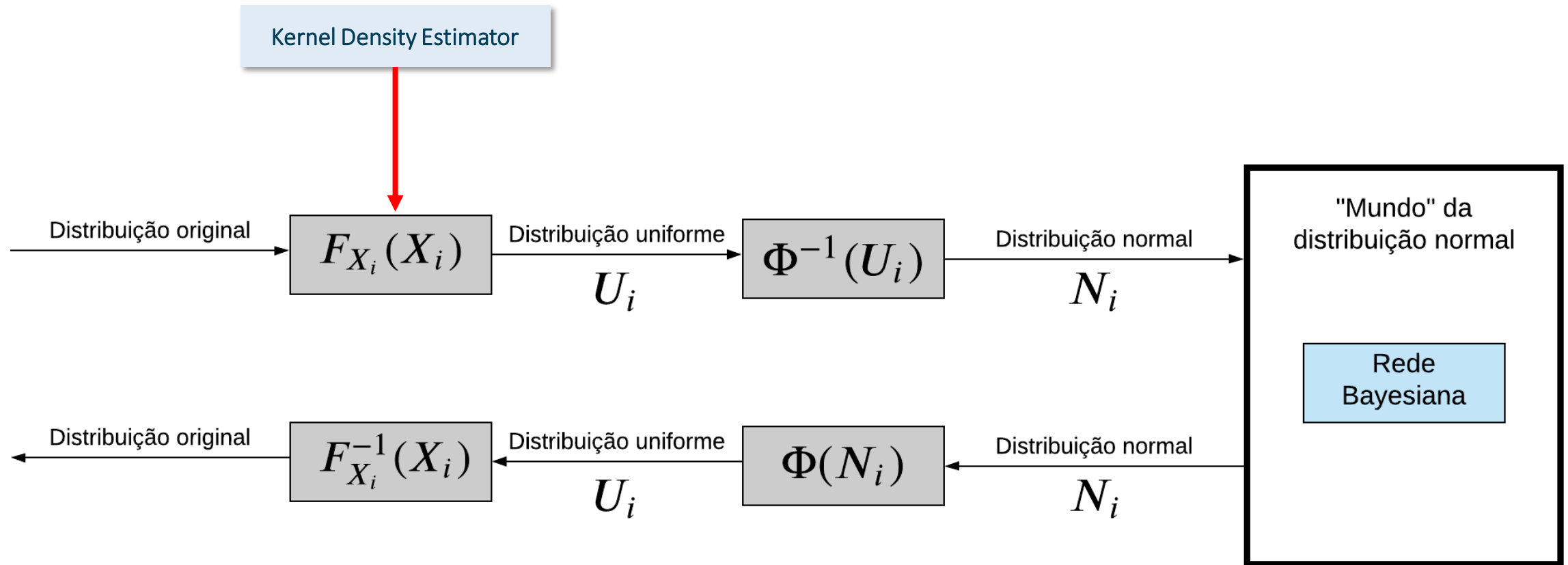
Rede Bayesiana



Rede Bayesiana

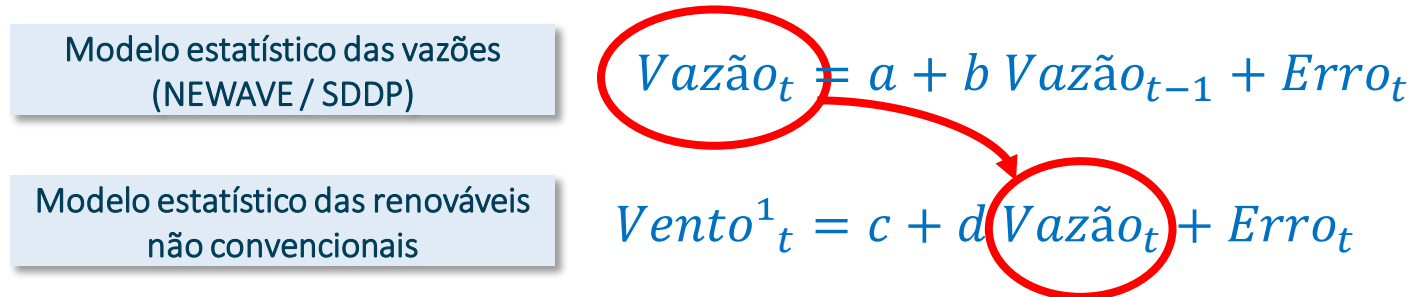


Em resumo...

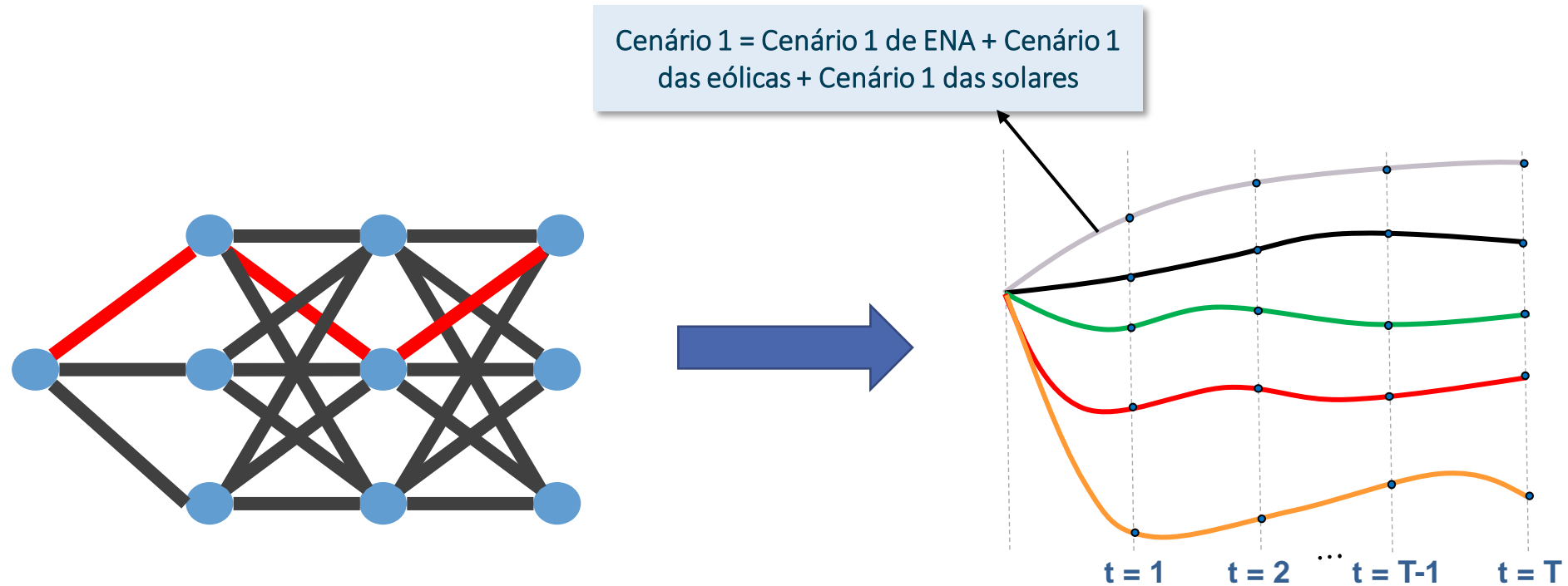


Trazendo um pouco mais para a prática

- ▶ O grande resultado da rede Bayesiana é o modelo estatístico que vai representar cada uma das renováveis não-convencionais
- ▶ A modelagem hidrológica se mantém inalterada (modelagem utilizada pelo NEWAVE e SDDP)
- ▶ Exemplo:



E como esses cenários seriam utilizados no NEWAVE?



- ▶ Na prática o Time Series Lab é automaticamente integrado ao SDDP, pois os softwares foram desenvolvidos pela PSR.
- ▶ A integração com o NEWAVE seria feita através dos arquivos de saída do TSL, que são dados CSV
- ▶ Além disso, a metodologia poderia ser incorporada ao NEWAVE, evitando interface via arquivo

Exemplos de alguns resultados para o sistema Brasileiro

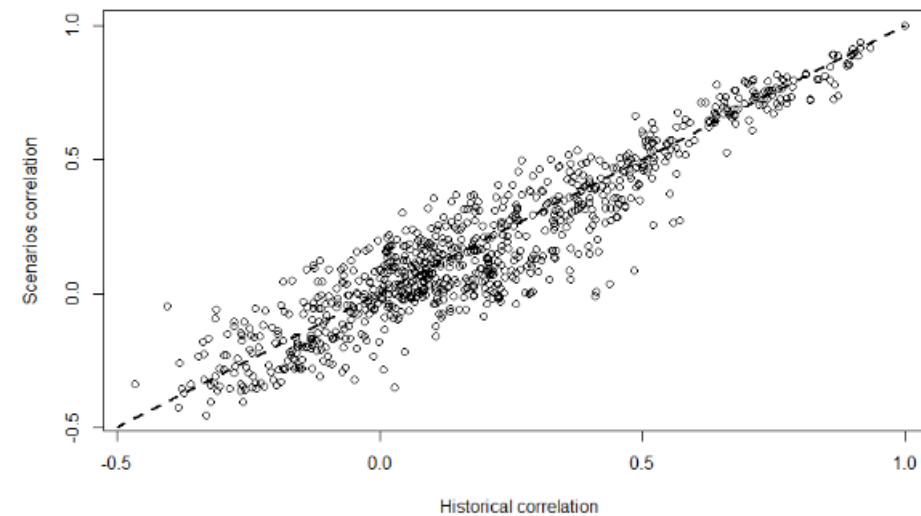
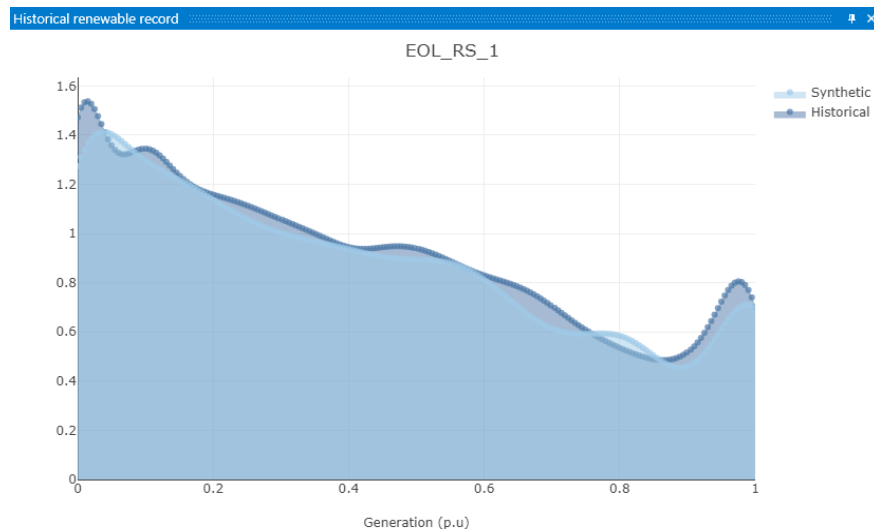
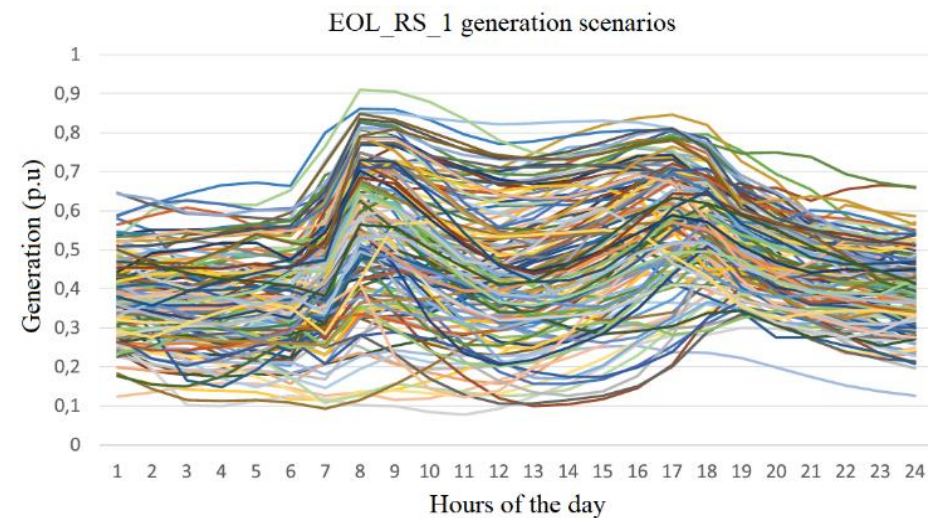
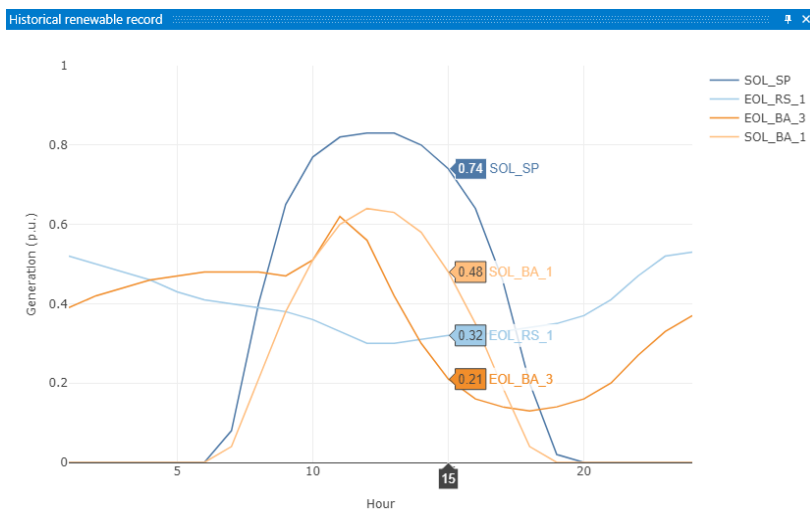
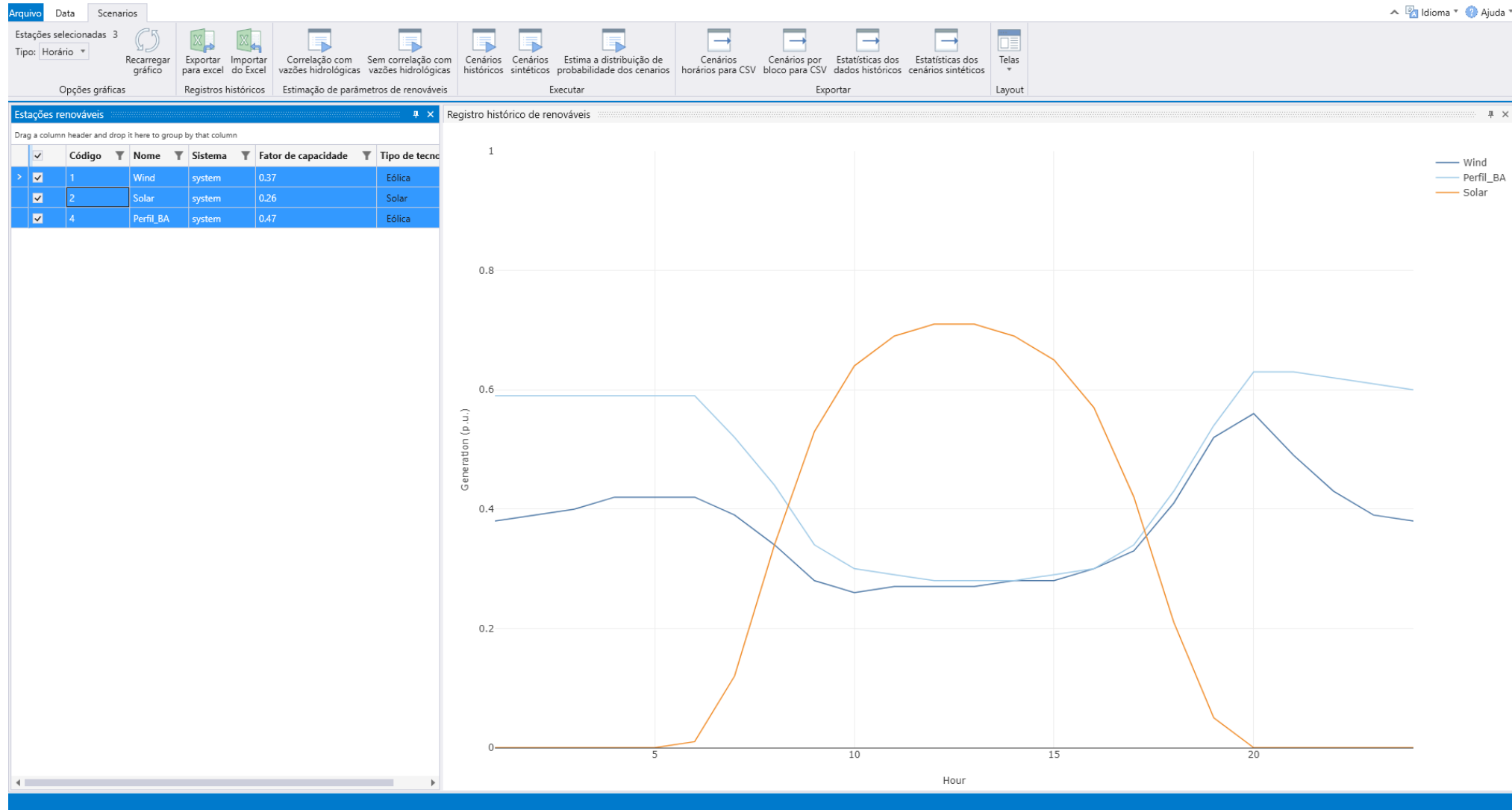


Fig. 3. Synthetic vs Historical correlation



Exemplos de alguns resultados na interface



Conclusões

- O Time Series Lab é uma ferramenta de modelagem renovável 100% integrada ao SDDP, e que também pode ser integrada ao NEWAVE
- A ferramenta é muito simples de usar, permitindo que mesmo usuários sem nenhum conhecimento prévio, consiga fazer uma modelagem renovável razoável
- Dependendo do nível de detalhamento dos dados e/ou conhecimento por parte do usuário, a ferramenta permite uma modelagem mais detalhada
- Apesar de simples, tem metodologias e algoritmos avançados que estão em constante atualização com a literatura
- O Time Series Lab é atualmente utilizado em diversos países da América Latina, e também é utilizado em estudos e análises no sistema Brasileiro

Obrigado!
alessandro@psr-inc.com
timeserieslab@psr-inc.com

Coordenação do GT Metodologia
gtmet.cpamp@ccee.org.br

Assessoria Técnica:

