

REALIZAÇÃO



1º Workshop on Computing Efficient Energy Prices

APOIO INSTITUCIONAL
AO WORKSHOP



MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA





Aviso Importante:

Para uma melhor conveniência, o Hotel Majestic venderá tickets para o almoço de quarta-feira de maneira antecipada e em uma condição especial para o evento durante o coffe-break da terça-feira.

O almoço será no valor de R\$ 65 com buffet livre e uma bebida não alcoólica inclusa.

Salientamos que quem deseja almoçar no próprio Hotel Majestic que faça a compra antecipada na terça-feira, pois o restaurante pode não ter capacidade para atender que deixarem para quarta-feira.



REALIZAÇÃO



Sempre que tiver um feedback, pode enviar imediatamente!



workshop.norus.com.br/feedback

APOIO INSTITUCIONAL
AO WORKSHOP



REALIZAÇÃO



Participe do Sum-Up com sugestões, hipóteses, ...

Sempre que surgir uma ideia, envie sua contribuição!

Os temas de hoje estão relacionados aos painéis do dia 16, então, pode associar a ideia ao painel que estiver melhor alinhado.



workshop.norus.com.br/sum-up

APOIO INSTITUCIONAL
AO WORKSHOP

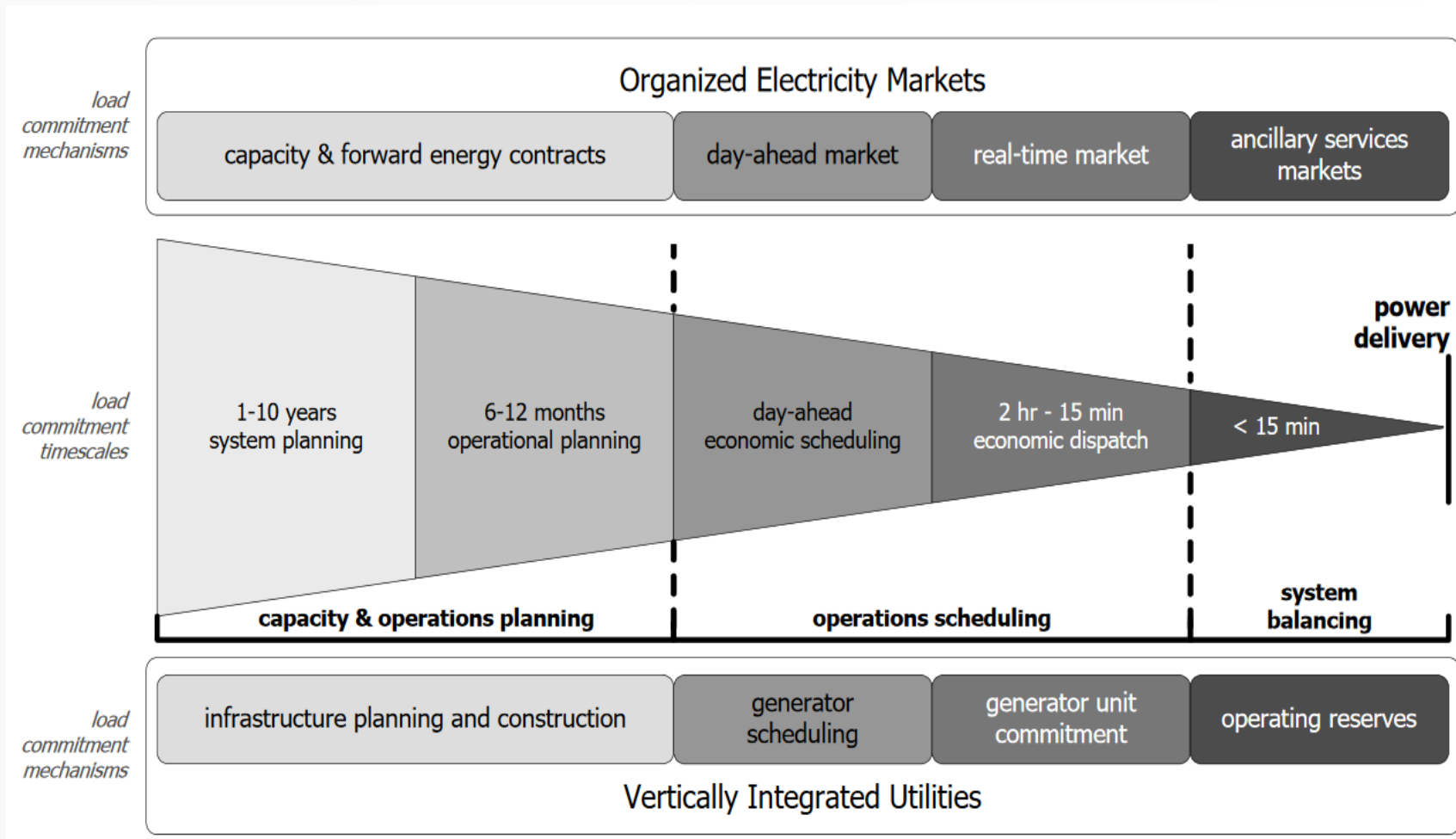


Workshop on Computing Efficient Energy Prices

Visão geral: Definição do preço da energia



Funcionamento do Sistema Físico

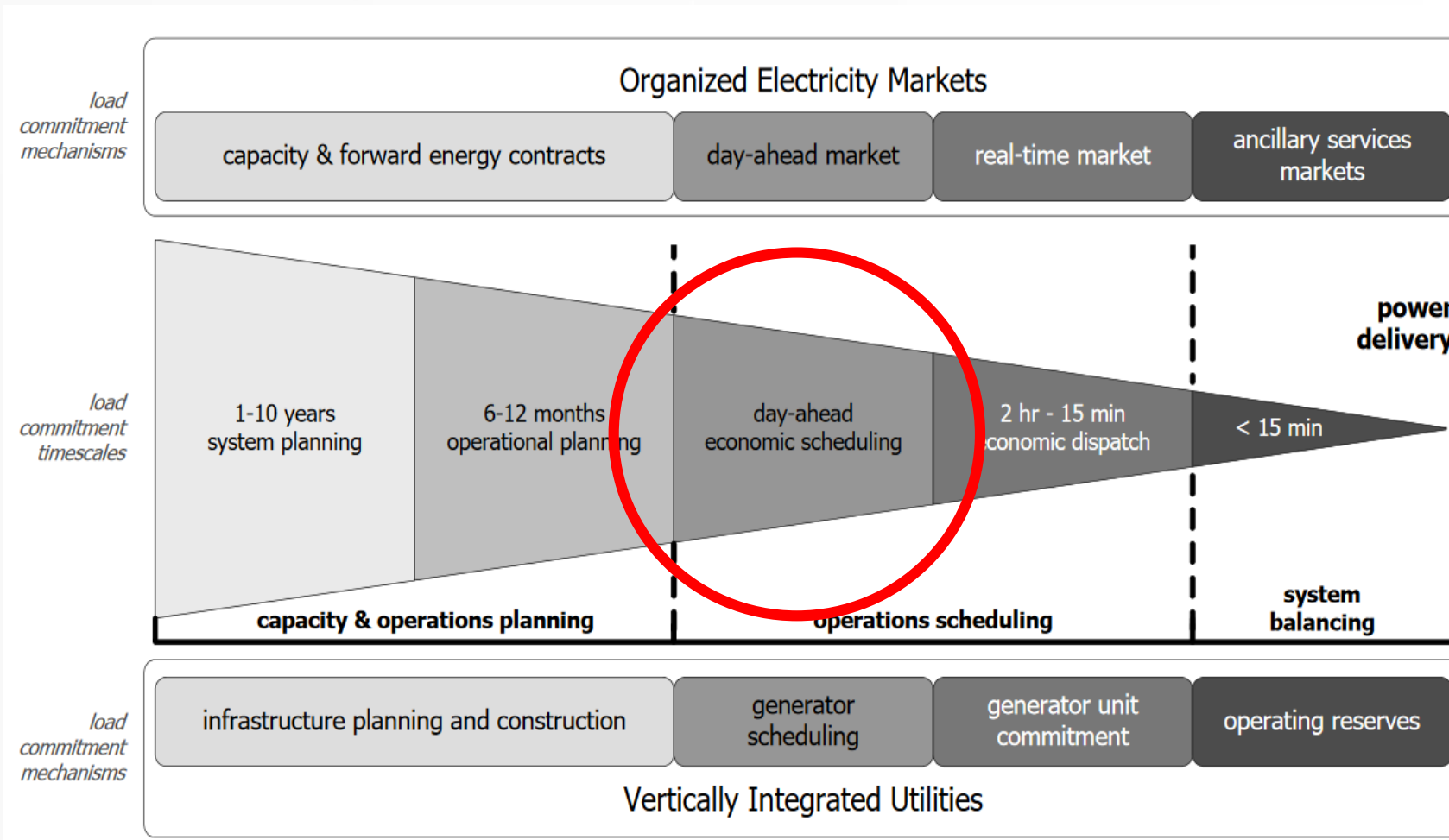


Escalas de tempo e mecanismos de decisão

Fonte: "Benefits of Demand Response in Electricity Markets and Recommendations for Achieving Them" – EIA, DOE, Fevereiro de 2006.



Funcionamento do Sistema Físico

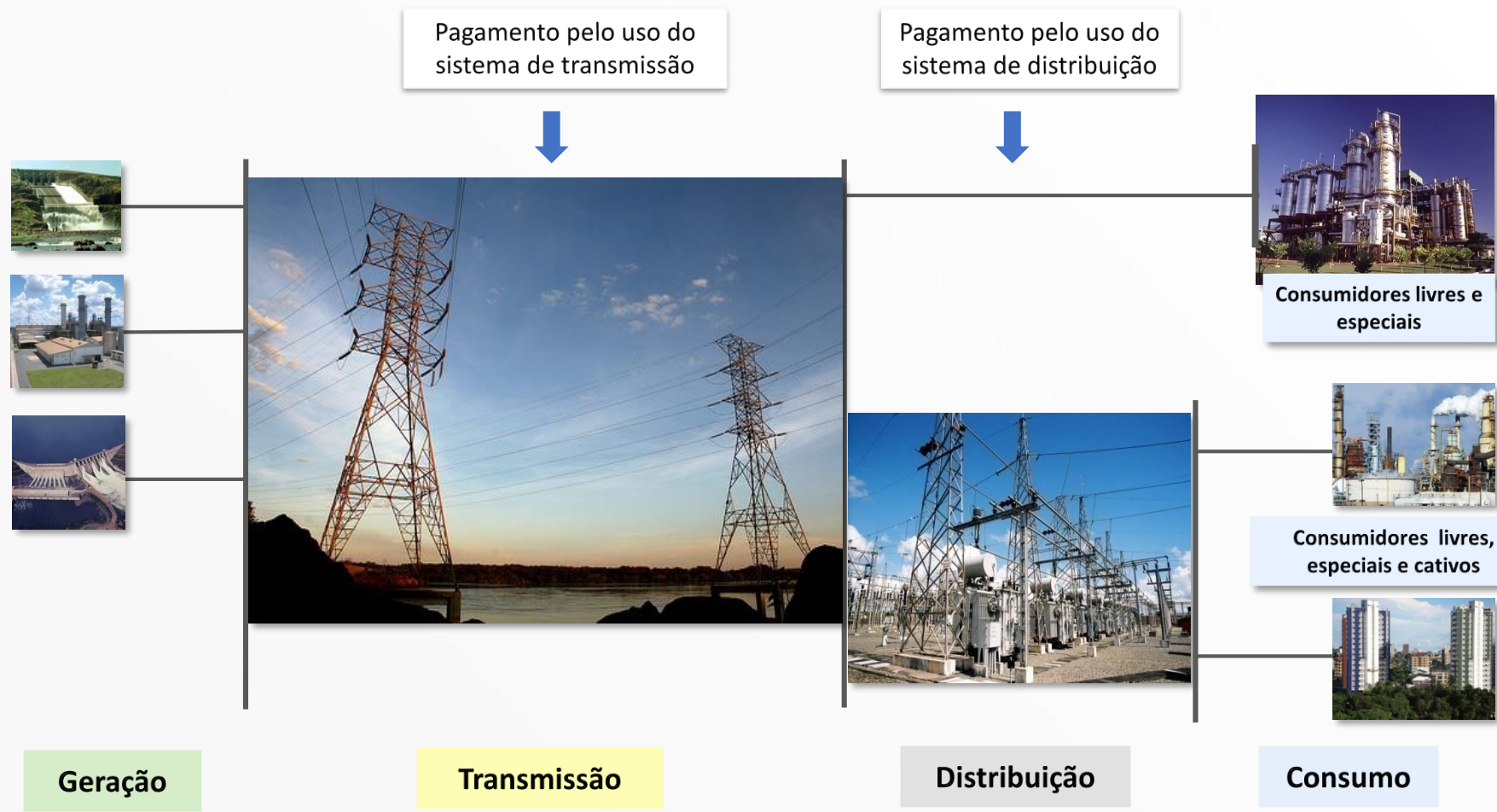


Escalas de tempo e mecanismos de decisão

Fonte: "Benefits of Demand Response in Electricity Markets and Recommendations for Achieving Them" – EIA, DOE, Fevereiro de 2006.



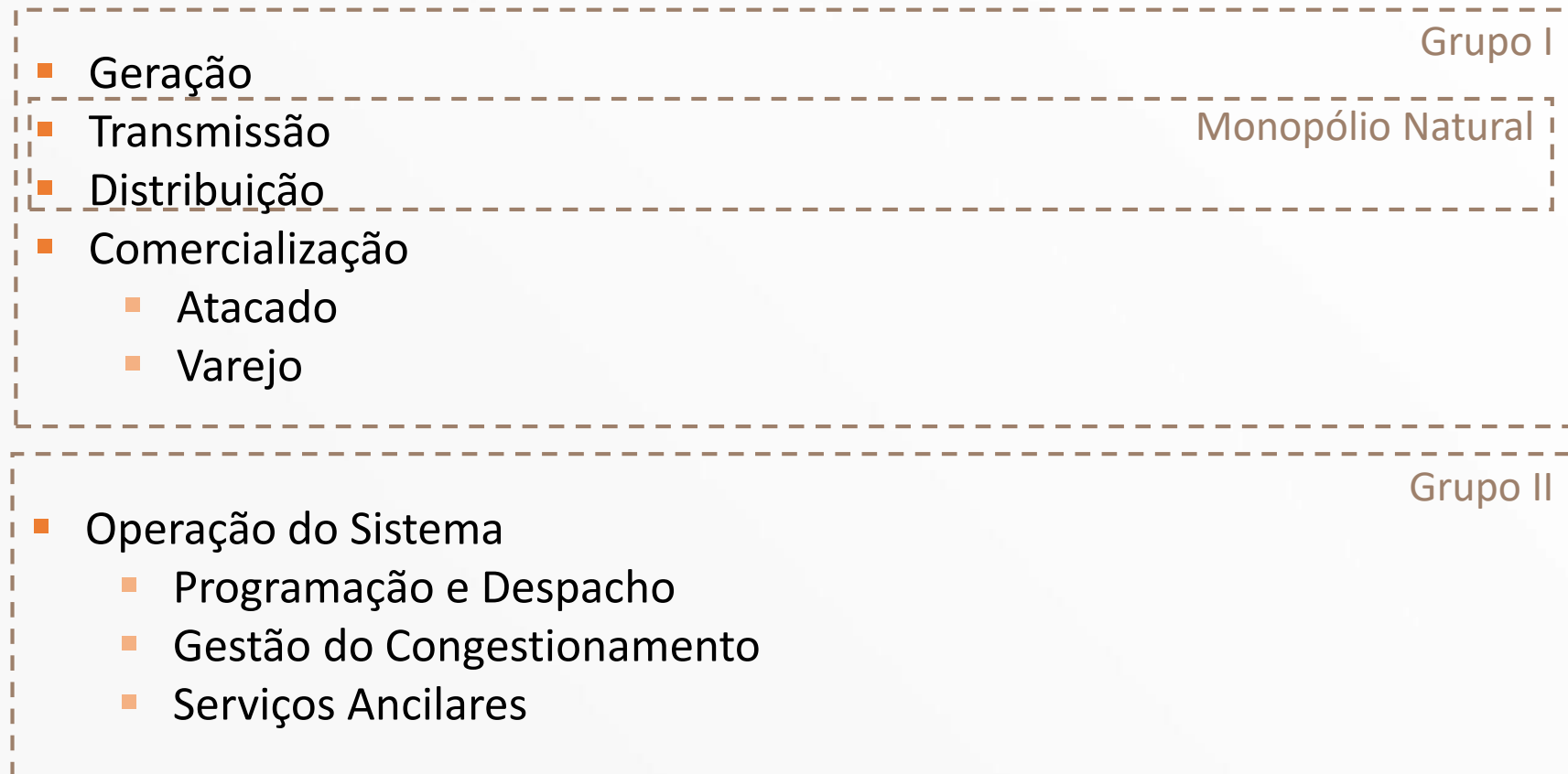
Funcionamento do Sistema Físico



Logos of partner organizations:

- LabPlan**: Laboratório de Planejamento Sistemas de Energia Elétrica
- ANEEL**: AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA
- INESC BRASIL P&D**
- norteENERGIA**: USINA HIDRELÉTRICA BELO MONTE
- Norus**

Os principais serviços de eletricidade



Fonte: ZUCARATO, 2018



LabPlan
Laboratório de Planejamento
Sistemas de Energia Elétrica



ANEEL
AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA



**INESC P&D
BRASIL**



norteENERGIA
USINA HIDRELÉTRICA BELO MONTE



Modelos de despacho

	Centralizado	Descentralizado
Operador do Sistema	Independente	Normalmente o proprietário da rede de transmissão

Fonte: ZUCARATO, 2018



LabPlan
Laboratório de Planejamento
Sistemas de Energia Elétrica



ANEEL
AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA

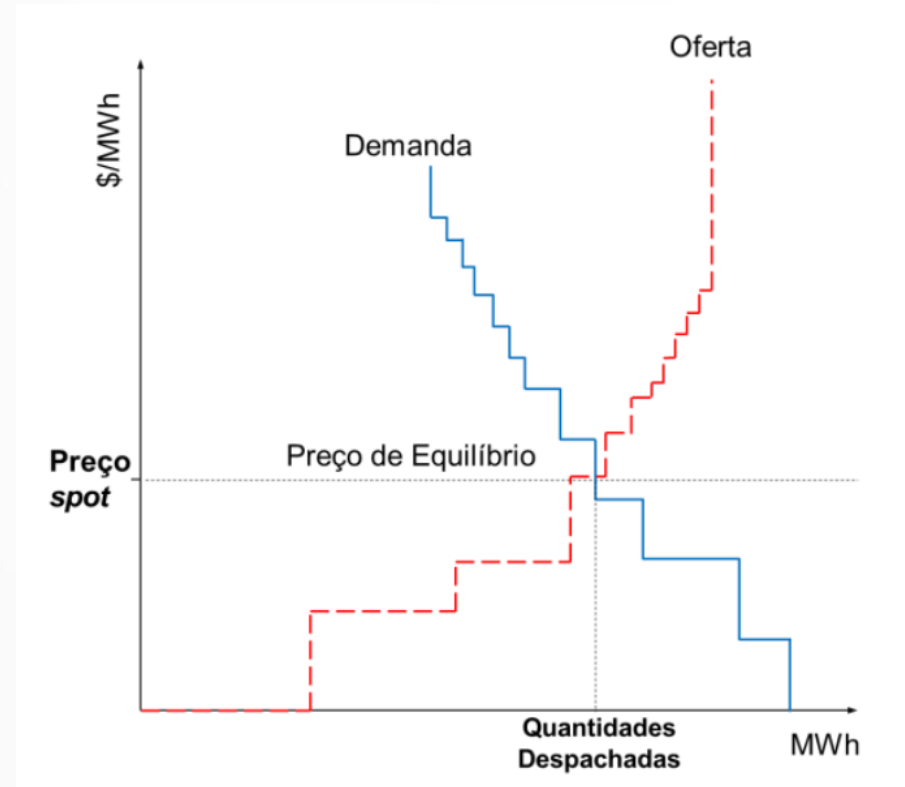


norteENERGIA
USINA HIDRELÉTRICA BELO MONTE



Modelo *pool*: Oferta x Demanda

- *Tight Pool*
 - Agentes fornecem dados técnicos das usinas – custos variáveis
 - Operador despacha o sistema ao mínimo custo
- *Loose pool*
 - Os agentes submetem ofertas de preços e quantidade
 - Operador despacha o sistema ao mínimo custo



Fonte: ANEEL, 2014



LabPlan
Laboratório de Planejamento
Sistemas de Energia Elétrica



AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA



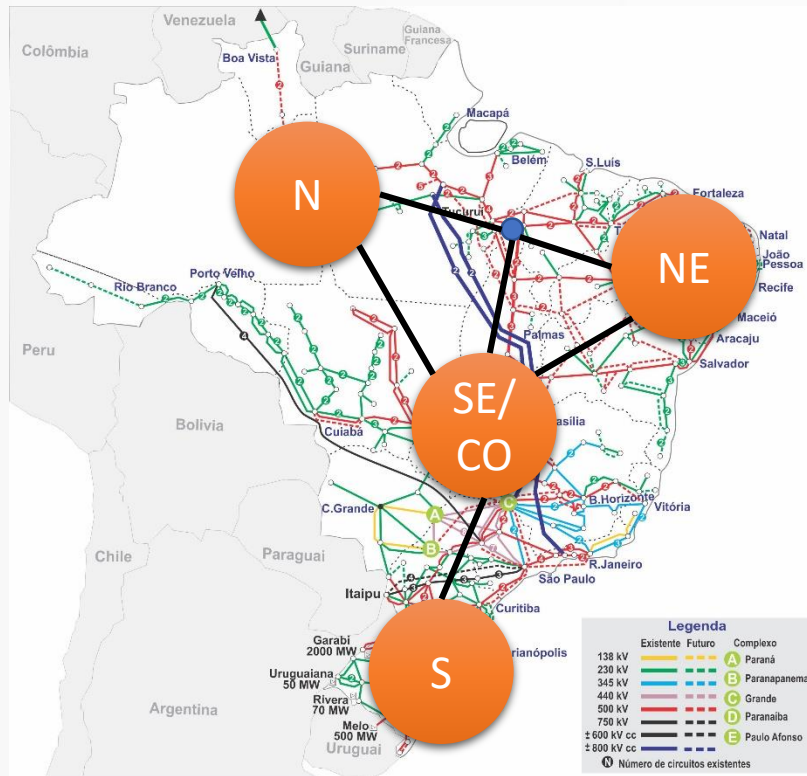
norteENERGIA
USINA HIDRELÉTRICA BELO MONTE



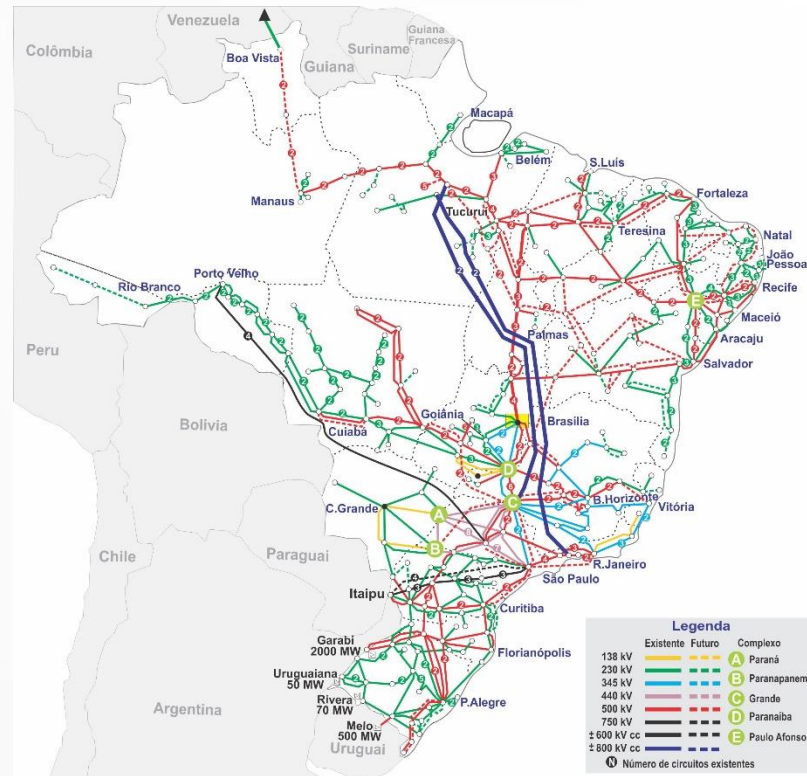
Norus

Gestão de congestionamento

Preço zonal



Preço nodal



Fonte: ONS, 2019

LabPlan
Laboratório de Planejamento
Sistemas de Energia Elétrica

ANEEL
AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA

INESC P&D
BRASIL

norteENERGIA
USINA HIDRELÉTRICA BELO MONTE



Resumo



Despacho
Centralizado

Negociação
Direta

Por Custo

Por Oferta

Zonal

Nodal

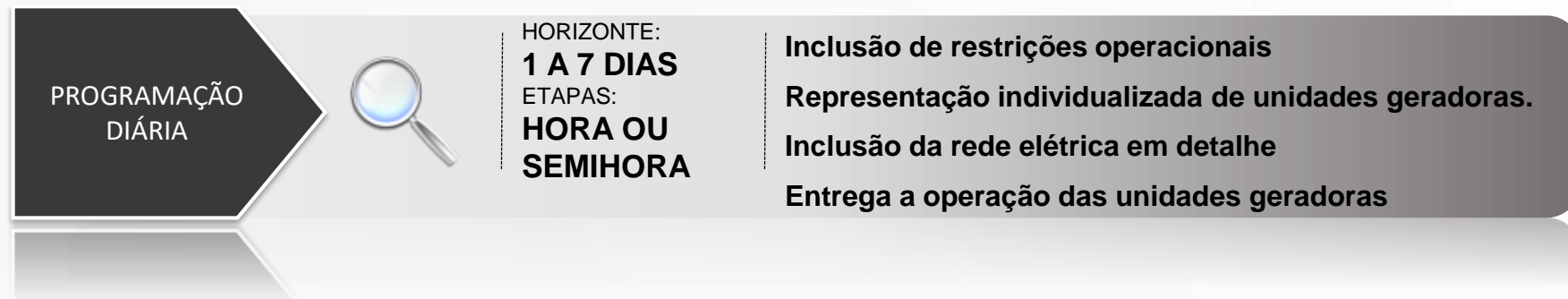
Zonal

Nodal



Planejamento de sistemas de energia elétrica

- Modelo *pool*:



Despacho Hidrotérmico

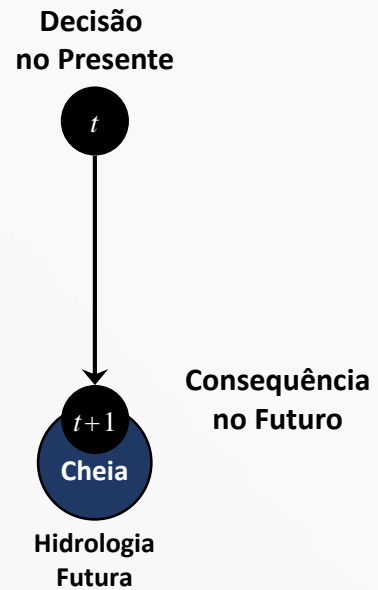
- Classicamente, operar um sistema consiste em definir, a cada estágio de tempo, quais recursos (usinas) serão acionadas (ou “despachadas”) para atender a demanda de energia elétrica
- Como os recursos disponíveis possuem características econômicas (custos de operação) distintos, o despacho precisa ser feito em ordem de mérito, de forma a atender a demanda ao menor custo operativo total
- A questão é... Qual é o custo variável unitário de uma usina hidrelétrica?



LabPlan
Laboratório de Planejamento
Sistemas de Energia Elétrica



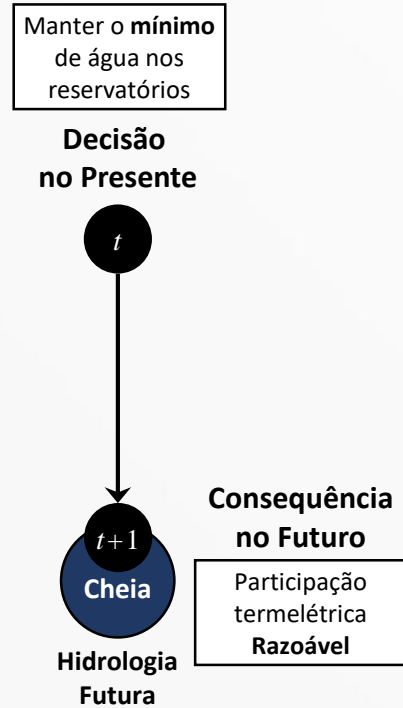
O Acoplamento Temporal do Despacho Hidrotérmico



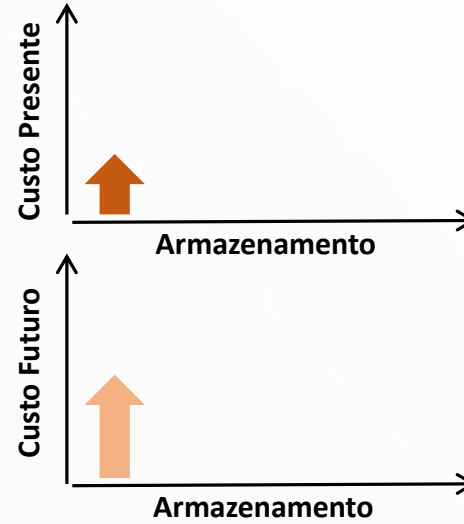
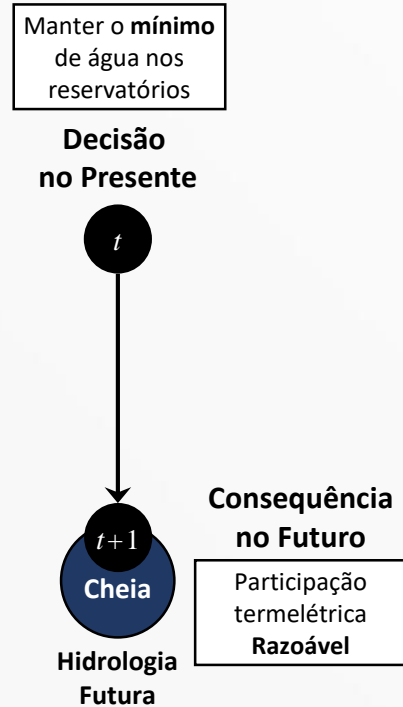
LabPlan
Laboratório de Planejamento
Sistemas de Energia Elétrica



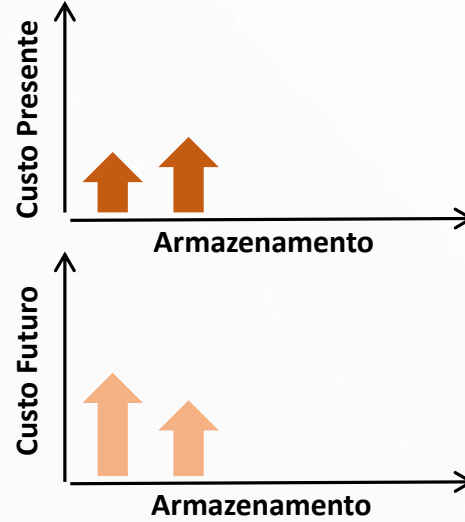
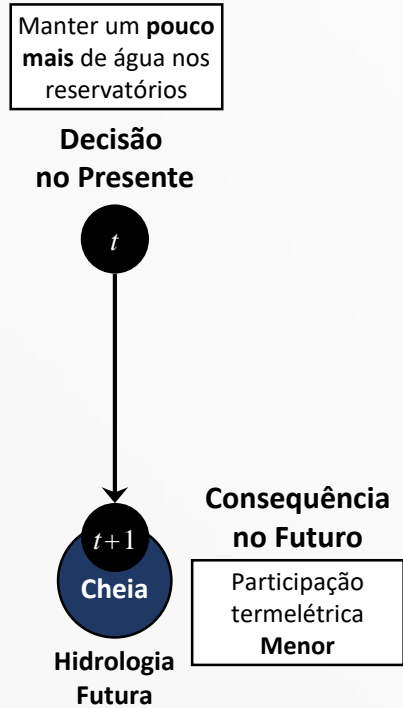
O Acoplamento Temporal do Despacho Hidrotérmico



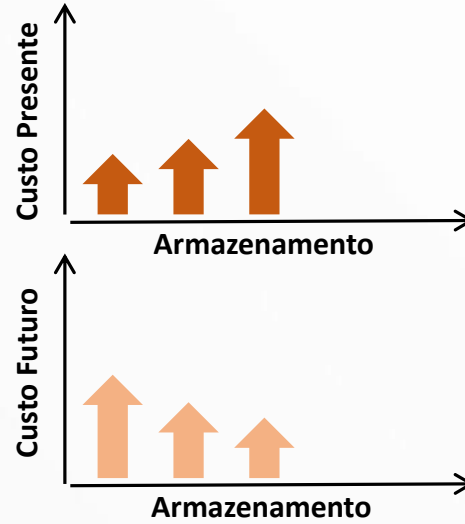
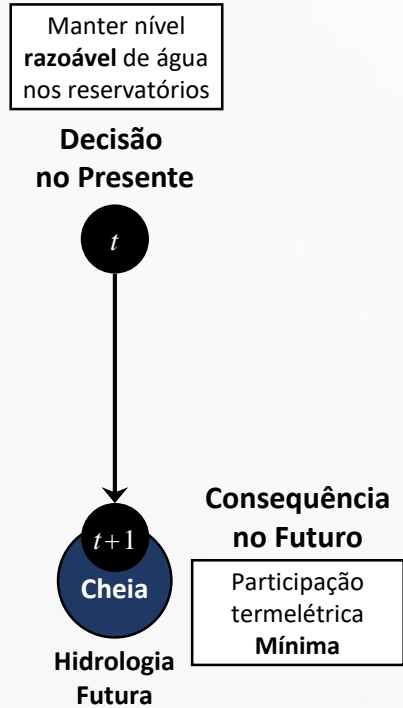
O Acoplamento Temporal do Despacho Hidrotérmico



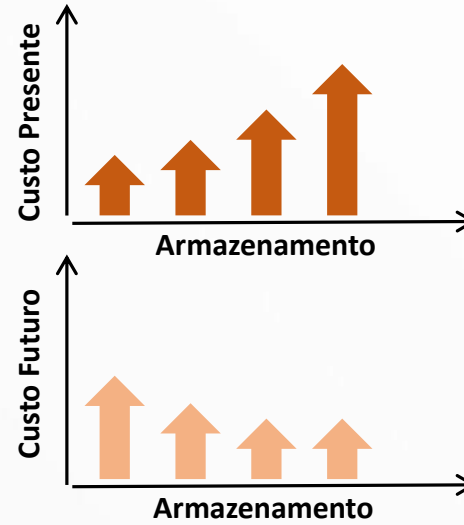
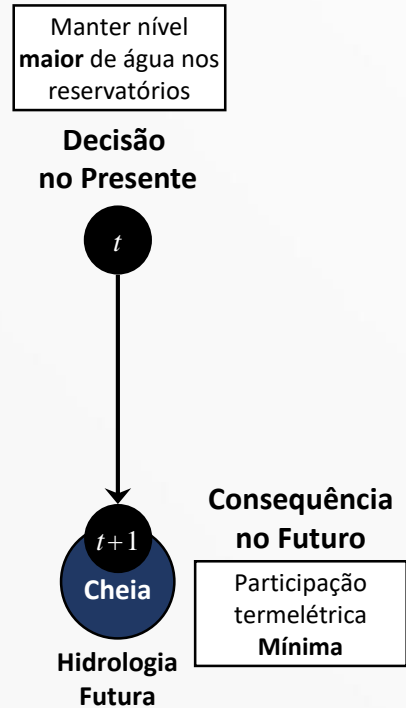
O Acoplamento Temporal do Despacho Hidrotérmico



O Acoplamento Temporal do Despacho Hidrotérmico



O Acoplamento Temporal do Despacho Hidrotérmico



LabPlan
Laboratório de Planejamento
Sistemas de Energia Elétrica



AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA

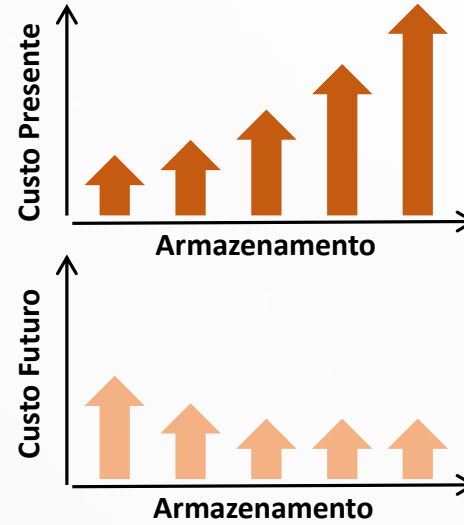
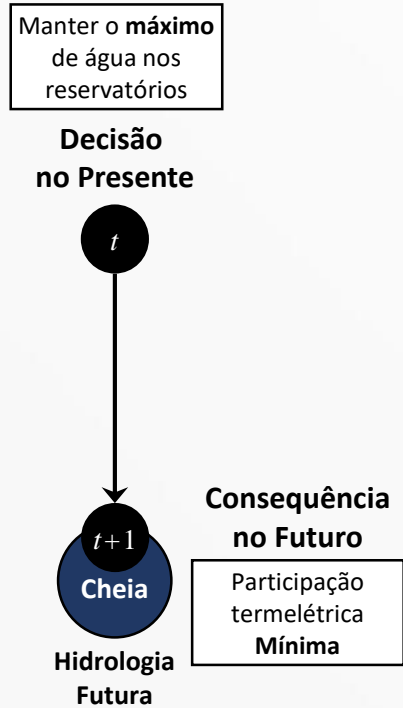


norteENERGIA
USINA HIDRELÉTRICA BELO MONTE



Norus

O Acoplamento Temporal do Despacho Hidrotérmico

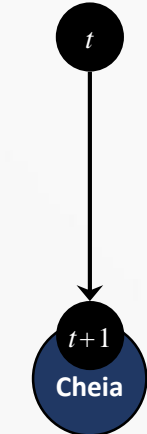


LabPlan
Laboratório de Planejamento
Sistemas de Energia Elétrica



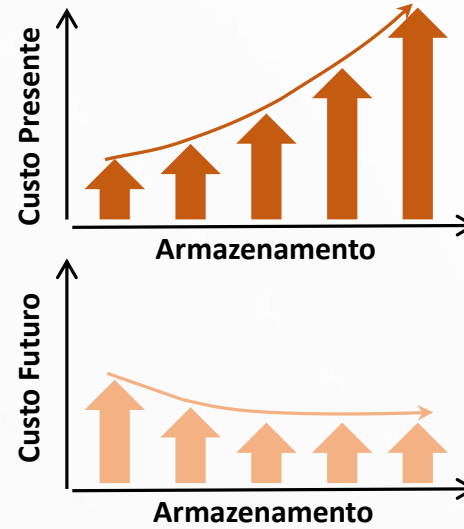
O Acoplamento Temporal do Despacho Hidrotérmico

Decisão
no Presente



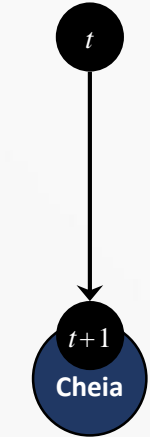
Hidrologia
Futura

Consequência
no Futuro



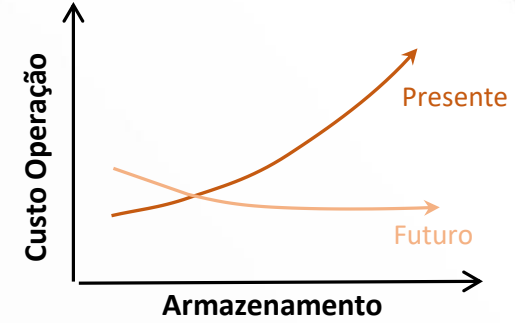
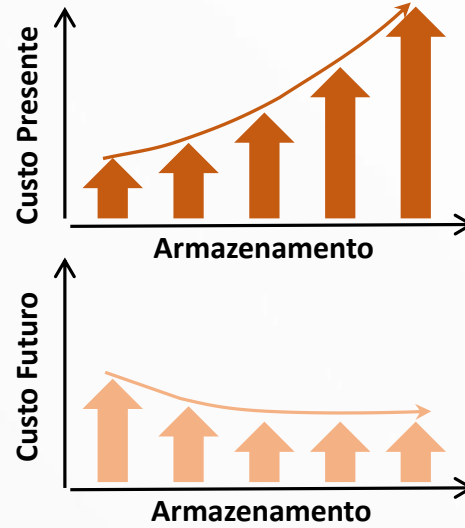
O Acoplamento Temporal do Despacho Hidrotérmico

Decisão no Presente

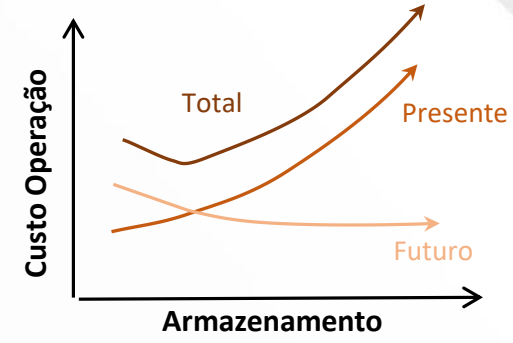
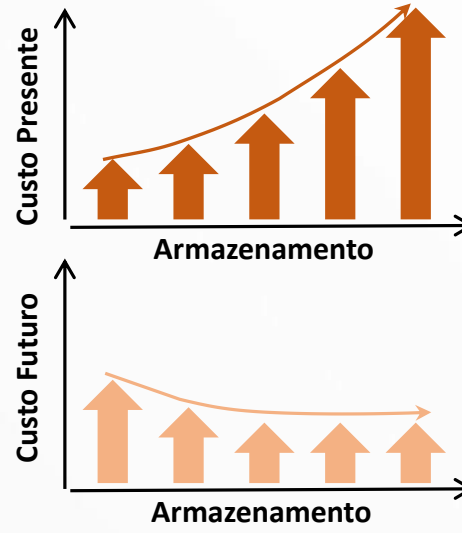
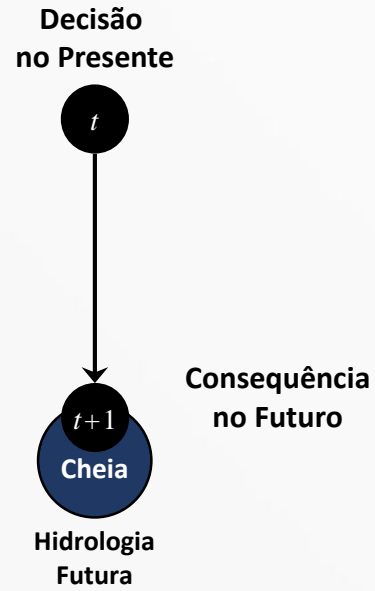


Hidrologia Futura

Consequência no Futuro

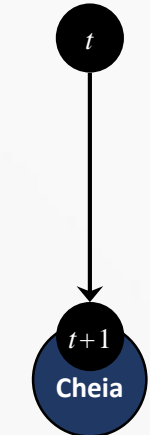


O Acoplamento Temporal do Despacho Hidrotérmico



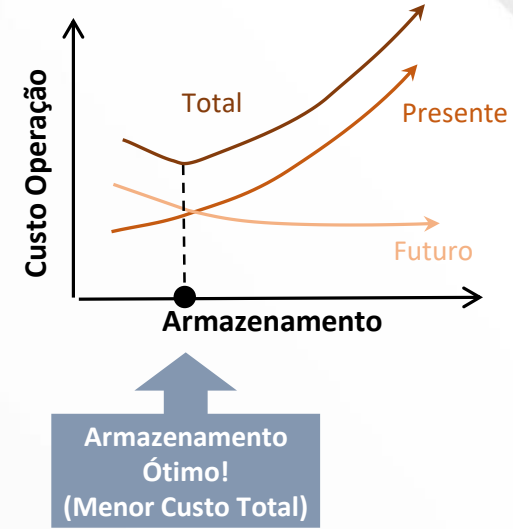
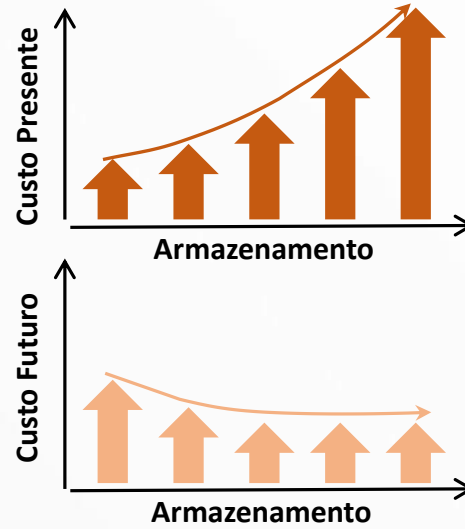
O Acoplamento Temporal do Despacho Hidrotérmico

Decisão no Presente



Hidrologia Futura

Consequência no Futuro



Características do Despacho Hidrotérmico

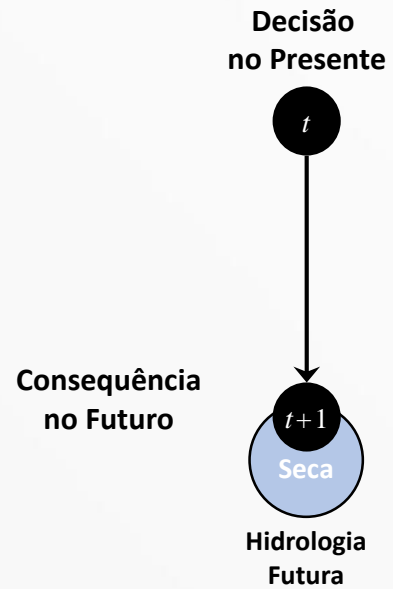
- O despacho ótimo minimiza a soma do custo total (custo imediato + custo futuro)
- A solução ótima não é gerar toda a hidrelétrica logo no primeiro estágio, embora ela tenha custo operativo = zero. Por quê?
- Porque a hidrelétrica pode transportar água (energia) de um estágio para outro. A geração hidro tem, portanto, um custo de oportunidade
- O despacho ótimo é obtido quando o valor imediato da água é igual ao valor futuro da água
- O valor da água representa quanto se pagaria (ou cobraria) por uma unidade a mais do recurso, ou seja, o custo de oportunidade da hidrelétrica



LabPlan
Laboratório de Planejamento
Sistemas de Energia Elétrica



Despacho Hidrotérmico Estocástico



LabPlan
Laboratório de Planejamento
Sistemas de Energia Elétrica



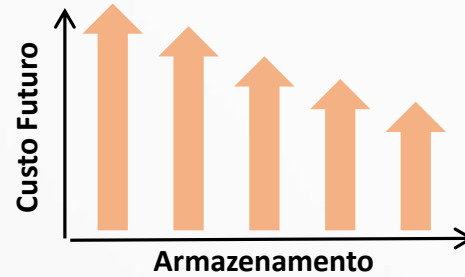
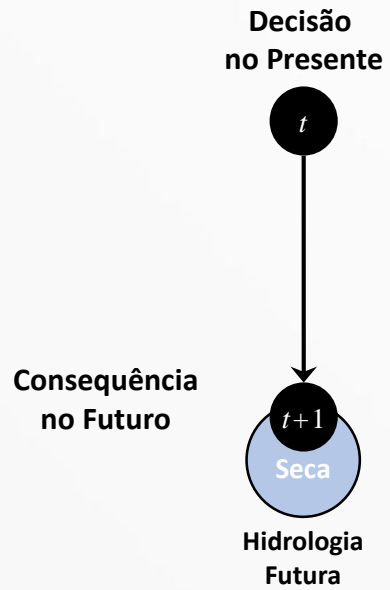
AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA



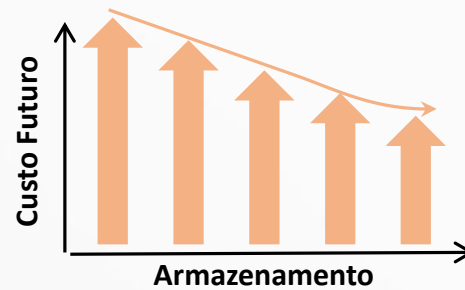
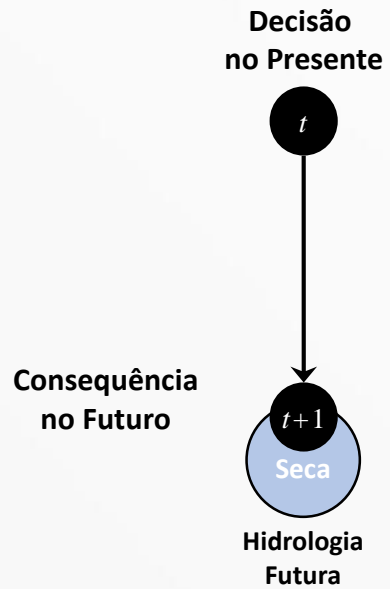
USINA HIDRELÉTRICA BELO MONTE



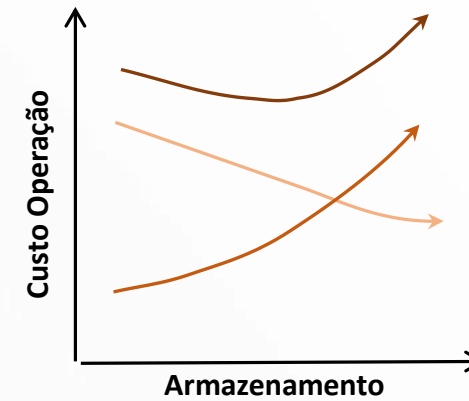
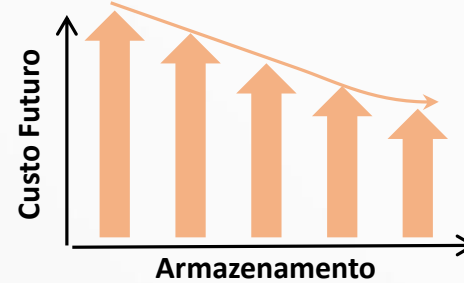
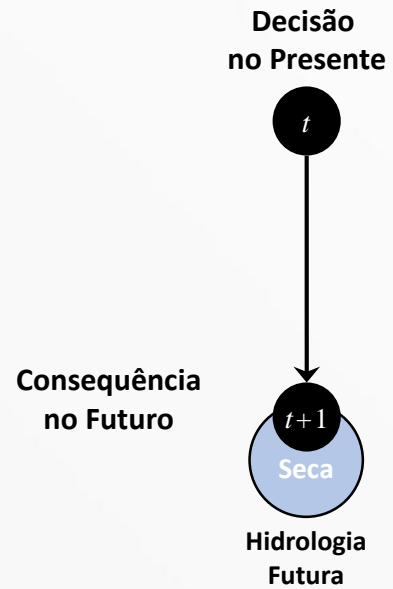
Despacho Hidrotérmico Estocástico



Despacho Hidrotérmico Estocástico



Despacho Hidrotérmico Estocástico



LabPlan
Laboratório de Planejamento
Sistemas de Energia Elétrica



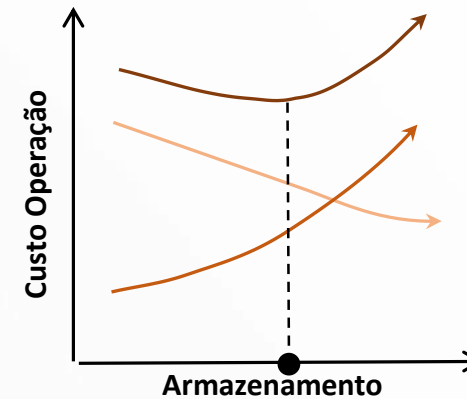
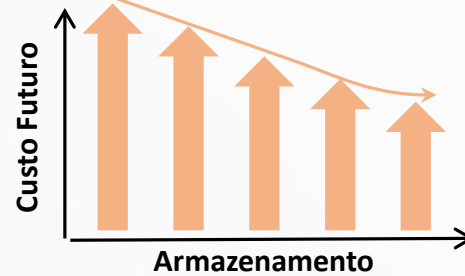
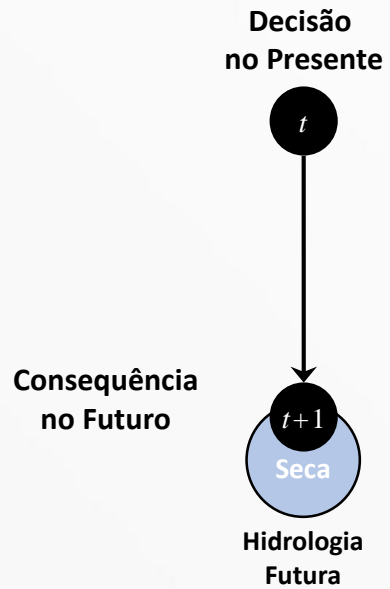
AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA



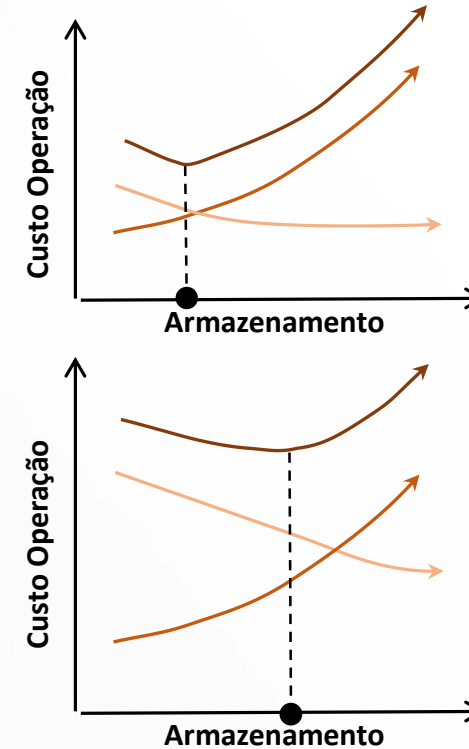
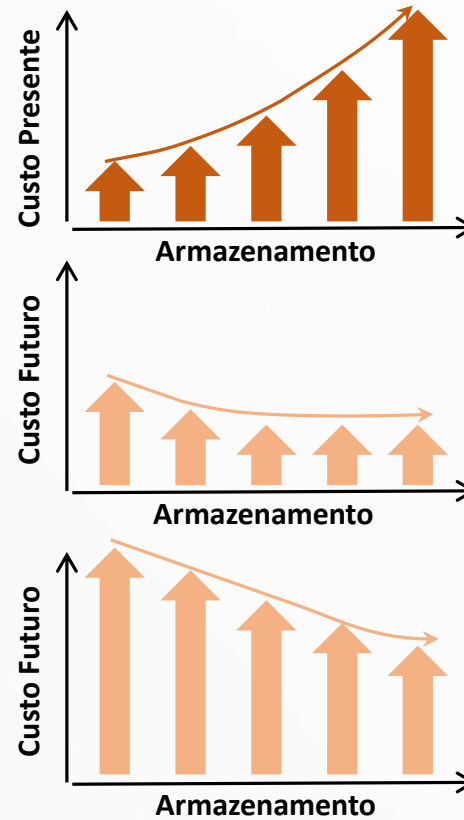
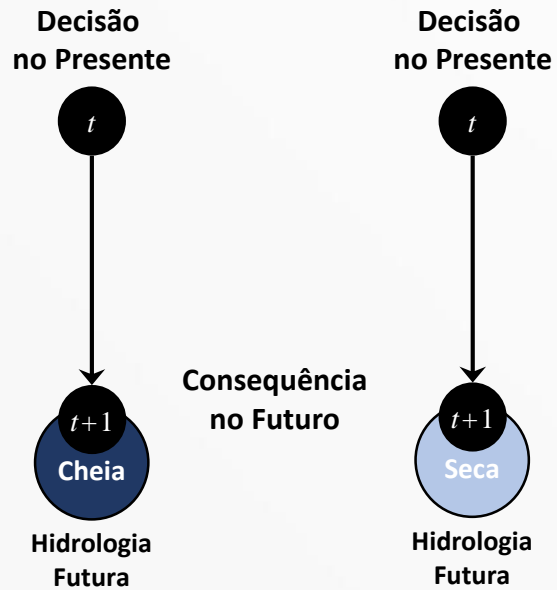
USINA HIDRELÉTRICA BELO MONTE



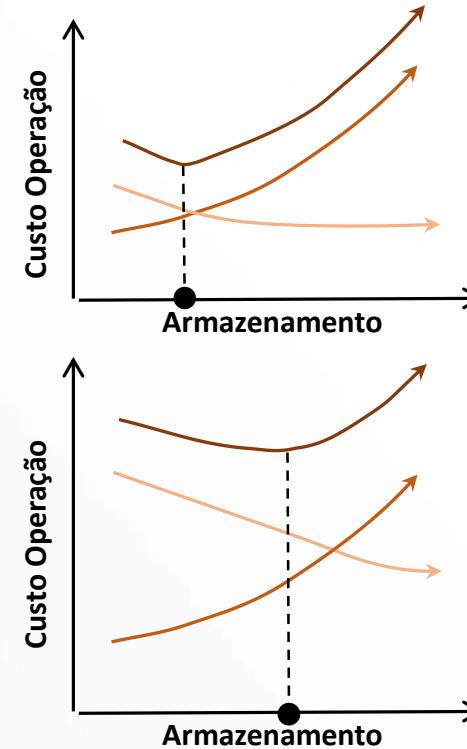
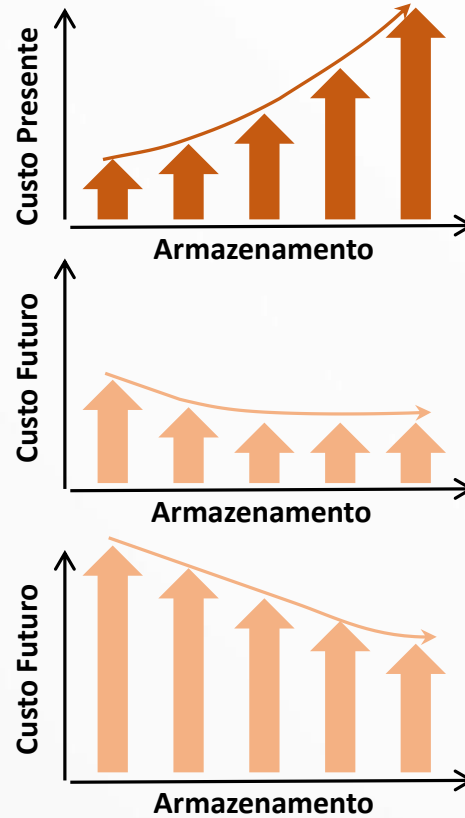
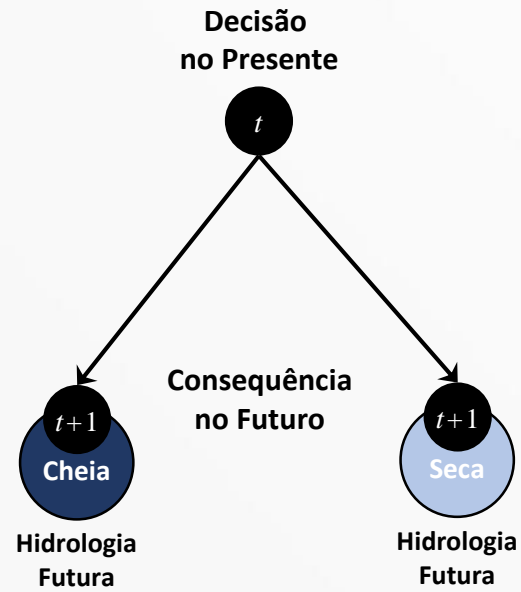
Despacho Hidrotérmico Estocástico



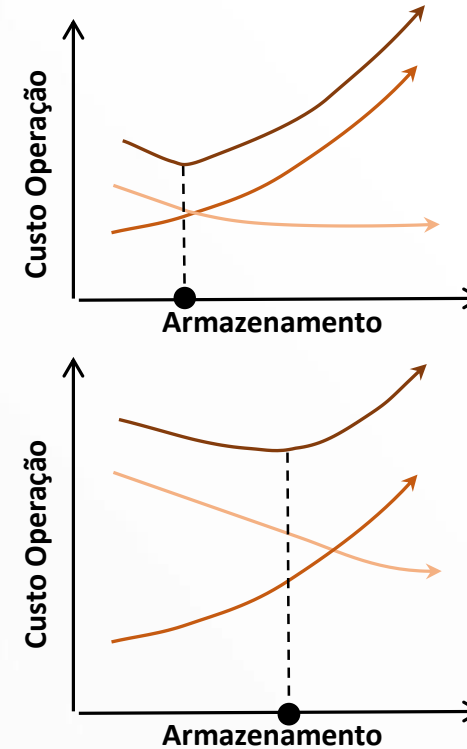
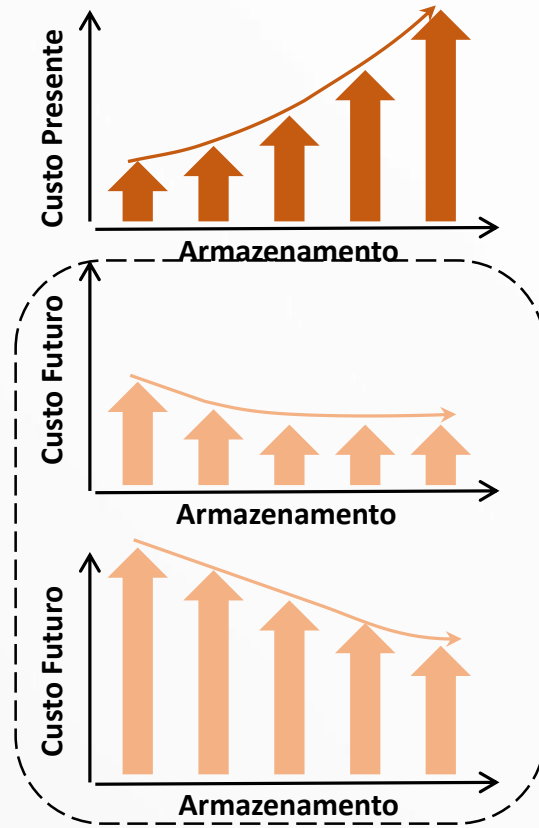
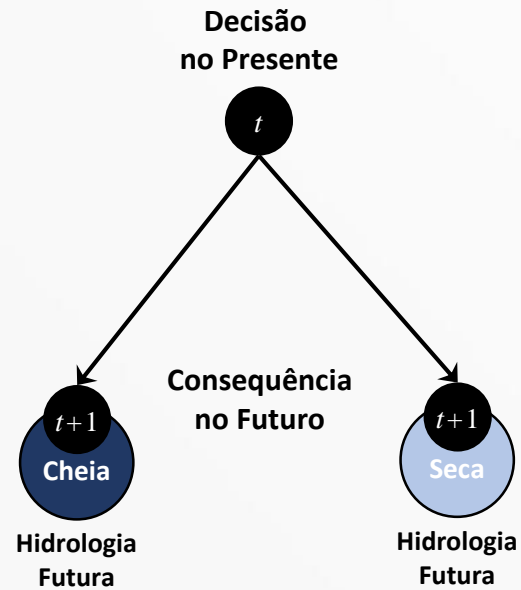
Despacho Hidrotérmico Estocástico



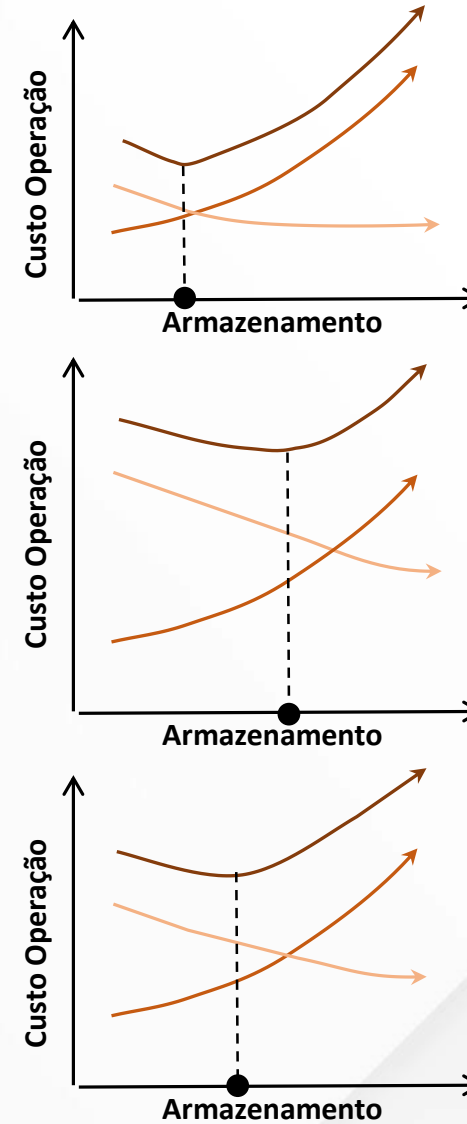
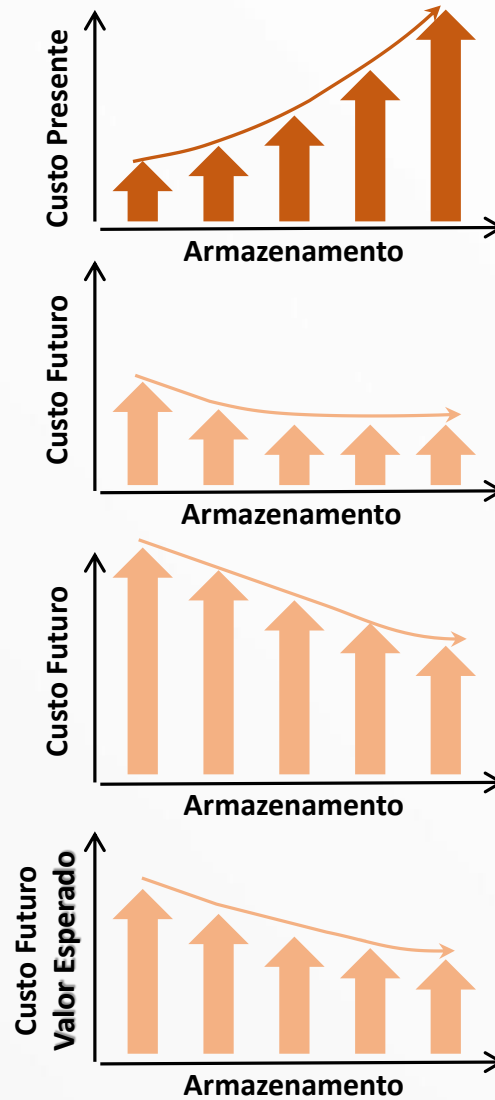
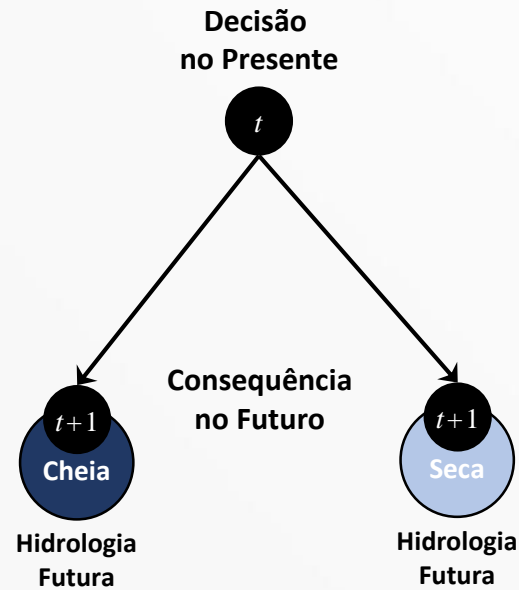
Despacho Hidrotérmico Estocástico



Despacho Hidrotérmico Estocástico



Despacho Hidrotérmico Estocástico



Despacho Hidrotérmico

- Classicamente, operar um sistema consiste em definir, a cada estágio de tempo, quais recursos (usinas) serão acionadas (ou “despachadas”) para atender a demanda de energia elétrica
- Como os recursos disponíveis possuem características econômicas (custos de operação) distintos, o despacho precisa ser feito em ordem de mérito, de forma a atender a demanda ao menor custo operativo total
- A questão é... Qual é o custo variável unitário de uma usina hidrelétrica?



LabPlan
Laboratório de Planejamento
Sistemas de Energia Elétrica



Despacho Hidrotérmico

- Classicamente, operar um sistema consiste em definir, a cada estágio de tempo, quais recursos (usinas) serão acionadas (ou “despachadas”) para atender a demanda de energia elétrica
- Como os recursos disponíveis possuem características econômicas (custos de operação) distintos, o despacho precisa ser feito em ordem de mérito, de forma a atender a demanda ao menor custo operativo total
- A questão é... Qual é o custo variável unitário de uma usina hidrelétrica?
- Esse valor não é trivial de ser encontrado, pois exige considerar diversas características:
 - Representação das características físicas do sistema e usinas
 - Estocástico
 - Longo tempo de planejamento
 - Acoplamento espacial e temporal
 - Problema é não convexo
 - Presença de não linearidades
 - Decisões binárias
 - ...

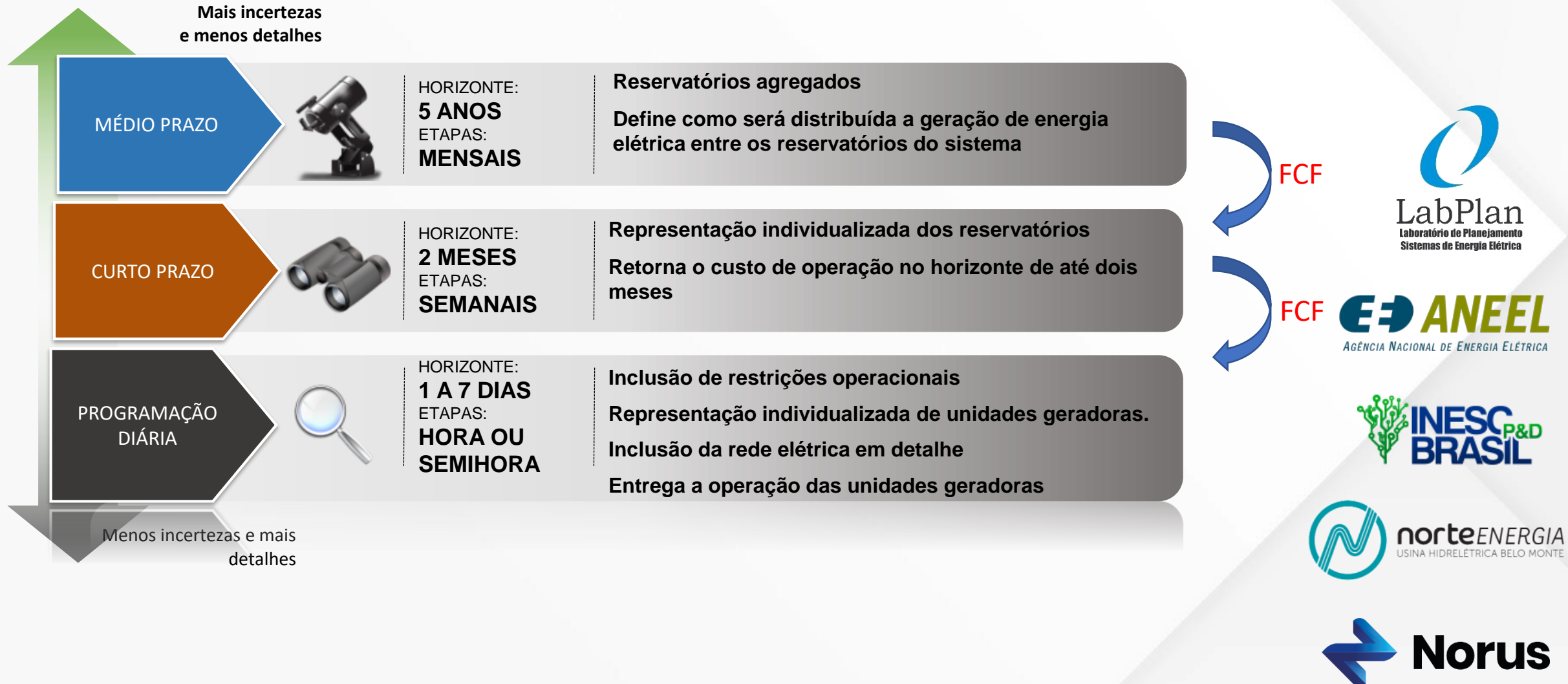


LabPlan
Laboratório de Planejamento
Sistemas de Energia Elétrica



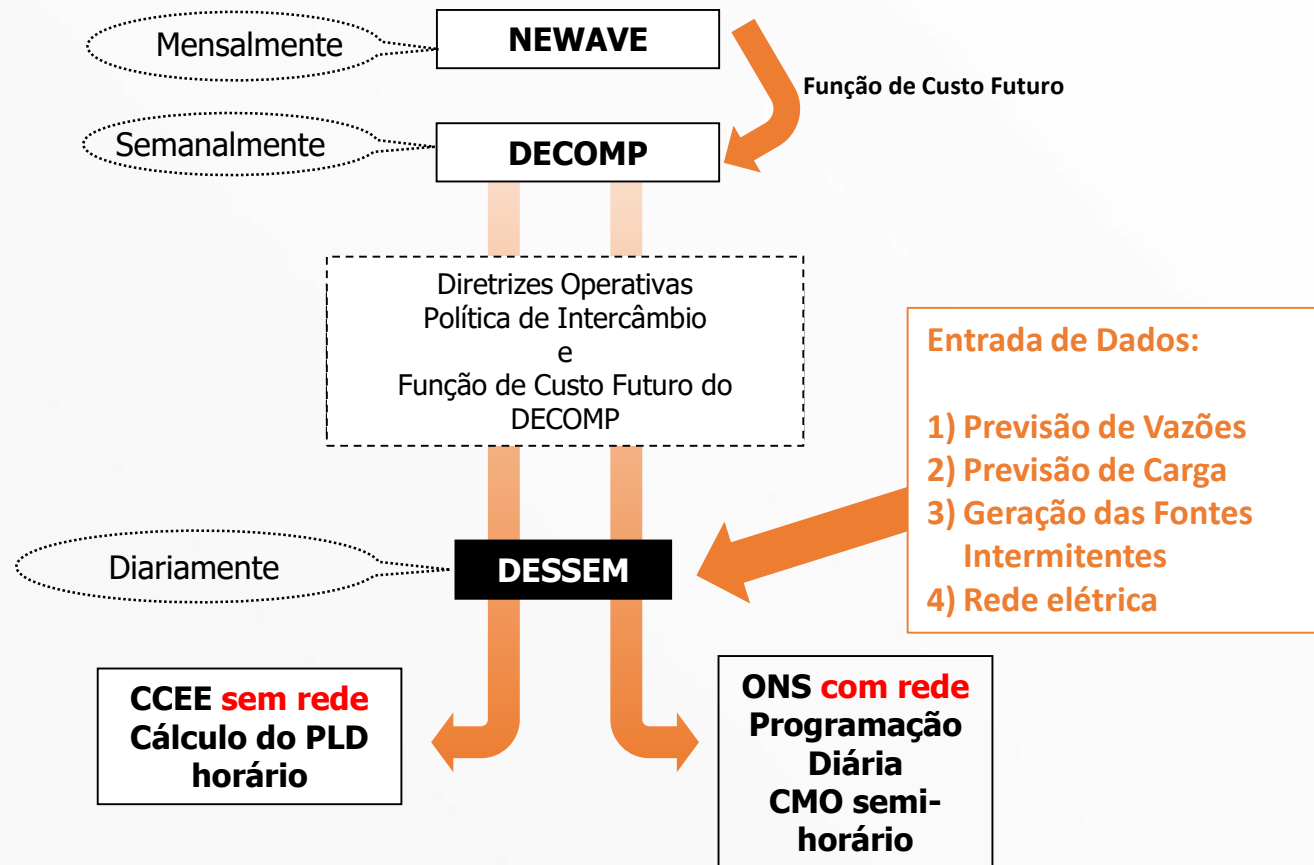
Planejamento de sistemas de energia elétrica

- Modelo *tight pool* - Brasil:



Definição do Preço da Energia

- Como subproduto das decisões operativas, estes modelos fornecem o “custo marginal de operação”, que é a base para formar o Preço de Liquidação de Diferenças (PLD)



LabPlan
Laboratório de Planejamento
Sistemas de Energia Elétrica



AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA



USINA HIDRELÉTRICA BELO MONTE

