

Meta II - formação de preços

3º workshop: propostas para
o preço por oferta



META II FORMAÇÃO DE PREÇO

Workshop 3

Propostas para o preço por oferta

Bloco 2: Apresentação do Panorama geral

27 de novembro de 2024



02

Contexto Geral

Abstract teal wavy lines at the bottom of the slide.

Contexto Geral do Meta II



Projeto de assistência técnica dos setores de Energia e Mineral – Meta II é o objeto do acordo de empréstimo nº 9.074-BR do Banco Mundial.

Objetivo:

Promover a modernização dos setores de Energia e Mineral de forma a cooperar com um crescimento econômico sustentável no país.

Áreas que abrangem o projeto:

- Planejamento dos Setores de Energia e Mineração;
- Geologia, Mineração e Transformação Mineral;
- Monitoramento e Controle do Setor Elétrico;
- Aprimoramento de Ações de Sustentabilidade Ambiental e de Inserção Social;
- Fontes Alternativas e Eficiência Energética;
- Petróleo e Gás Natural;
- Segurança do Sistema Interligado Nacional – SIN; e
- Fortalecimento Institucional.





TDR 14

Estudo sobre a formação de preço de energia elétrica de curto prazo: uma análise do mercado brasileiro

- Início do Projeto: junho de 2023.
- Fim do Projeto: novembro de 2025.
- Custo global do projeto: R\$ 11,7 MM



Equipe Técnica **ccee**

Rodrigo Sacchi, Guilherme Matussi, Fernanda Kazama e Mariana Iizuka.



Equipe Consultora **PSR**



IIT
INSTITUTO DE
INVESTIGACIÓN
TECNOLÓGICA



**NORD
POOL**

N-SIDE



Reuniões e treinamentos envolvendo as Instituições setoriais:
MME, ANEEL, ONS, EPE.
5 Workshops com os Agentes.

Informações disponíveis em:

<https://www.meta2formacaodepreco.com.br>

Meta II – Formação de Preço

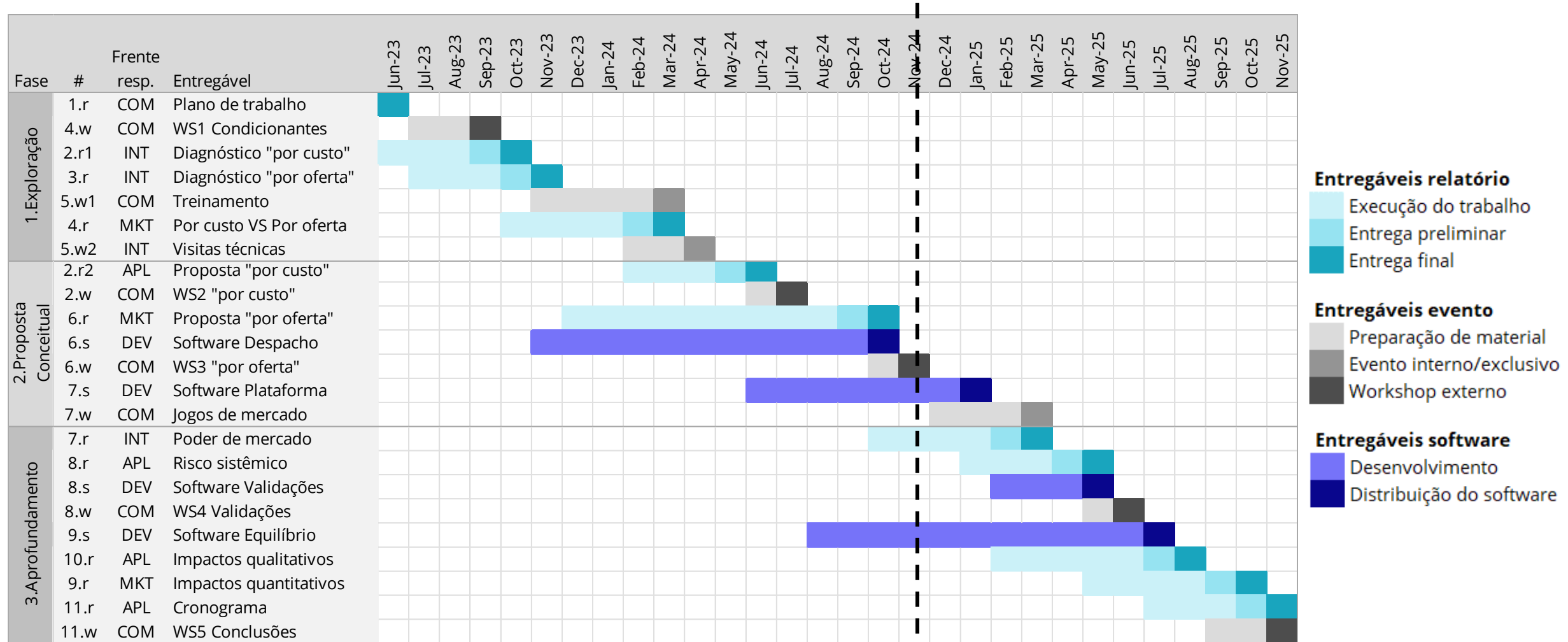


PRINCIPAIS OBJETIVOS DESSE PROJETO:

- Diagnóstico e propostas de aprimoramento do Preço por Custo
- Subsidiar a tomada de decisão: “continuar com Preço por Custo ou alterar para Preço por Oferta?”
- Mecanismo do Preço por Oferta → Principais preocupações do relatório “Mecanismos de formação de preço”, de outubro de 2019, no âmbito do GT Modernização do Setor Elétrico:



Visão geral do projeto



Status: "1ª Fase - Exploração" finalizada. "2ª Fase – Proposta Conceitual" em execução.

Produtos entregues: 1ª Fase - Exploração



Produto e.1.r

Plano de trabalho. Este relatório descreve todos os entregáveis previstos no projeto (entre relatórios, eventos e softwares) e um cronograma de atividades englobando o período de junho de 2023 a dezembro de 2025.

Produto e.2.r1

Diagnóstico internacional preços por custo. Este primeiro relatório de diagnóstico das experiências internacionais foca em países que implementaram uma formação de preços "por custo" no setor elétrico (como o Brasil atualmente): Chile, Coreia do Sul, El Salvador, México e Vietnã.

Produto e.3.r

Diagnóstico internacional preço por oferta. Um segundo relatório de diagnóstico das experiências internacionais, desta vez focado em mercados elétricos que implementaram uma formação de preços "por oferta": o Mercado Regional da América Central, Colômbia, Espanha, Nordpool, Grã-Bretanha, Nova Zelândia, Califórnia, PJM e Texas.

Produto e.4.r

Vantagens e desvantagens. Combinando as lições aprendidas da experiência internacional a uma análise dos fundamentos econômicos, é apresentada uma análise de prós e contras dos rumos que o Brasil poderia seguir para a formação de preço da energia: manter e aprimorar a formação de preços "por custo"; migrar para um mercado "por oferta"; ou adotar um desenho "híbrido".

Workshop com os Agentes

Workshop 1 PERCEPÇÕES E CONDICIONANTES



18 de outubro/23
Melià Paulista

Materiais disponíveis em: <https://www.meta2formacaodepreco.com.br/produtos>

Produtos entregues: Fase 1 - Exploração



**Treinamento institucional:
MME, ANEEL, EPE, CCEE e ONS**
(3 a 5/abril)



**Visitas técnicas internacionais com representantes de MME, ANEEL, EPE, CCEE e ONS:
(El Salvador, Colômbia e Noruega)**



Em execução: 2ª Fase – Desenho conceitual



Relatórios

Produto e.2.r

Proposta de aprimoramento ao preço “por custo”. Este primeiro relatório de desenho conceitual envolve recomendações de aprimoramento ao mecanismo de formação de preços admitindo que o Brasil manteria o paradigma atual de preços “por custo” (com a possível introdução de elementos híbridos, sem desviar fundamentalmente deste paradigma).

RELATÓRIO INTEGRAL

APRESENTAÇÃO

Produto e.6.r

Proposta de implementação do preço “por oferta”. Este segundo relatório de desenho conceitual considera que seria possível uma migração do mecanismo de formação de preços baseado em custos a um mecanismo baseado em ofertas para o Brasil, e apresenta uma proposta de desenho conceitual que poderia ser adequada a este novo paradigma (possivelmente mantendo alguns elementos híbridos do mecanismo atual).

EM BREVE

Eventos

Workshop 2
APRIMORAMENTOS
AO PREÇO POR
CUSTO NO BRASIL

15 de agosto
das 14h30 às 17h
EVENTO ONLINE



Workshop 3
PROPOSTAS PARA O
PREÇO POR OFERTA

27 de novembro - 9h
WTC -São Paulo



Software

Produto e.X.s

Software de simulação das regras de mercado. Ao longo do projeto, estão previstos 4 entregáveis de software, cujo objetivo é conseguir modelar as regras de mercado propostas nesta fase de desenho conceitual para realizar posteriormente análises quantitativas. Na prática, a cada entregável novas funcionalidades serão incorporadas à estrutura do software.

Jogos de mercado (treinamento institucional)

PLD e Elementos de Oferta



Atualmente:

Ofertas no processo de cálculo do PLD:

- Declarações de disponibilidade, inflexibilidade e restrições operativas (*REN ANEEL 1.032/2022*)
- Declaração de CVU mais baixo (*REN ANEEL 1.032/2022*)
- Importação comercial do Paraguai (*Portaria MME 87/2024*)

Ofertas para a programação da operação (d-1), mas não forma PLD:

- Resposta da Demanda (*depende de adequação da REN ANEEL 1.030/2022*)
- Declaração de até 130% do CVU para Recomposição de Reserva Operativa (*REN ANEEL 1.030/2022*)
- Importação/Exportação de Energia (*Portarias MME 60/2022, 49/2022 e 86/2024*)
- Oferta de UTEs com maior flexibilidade operativa para atender a ponta (*Portaria MME 88/2024*)

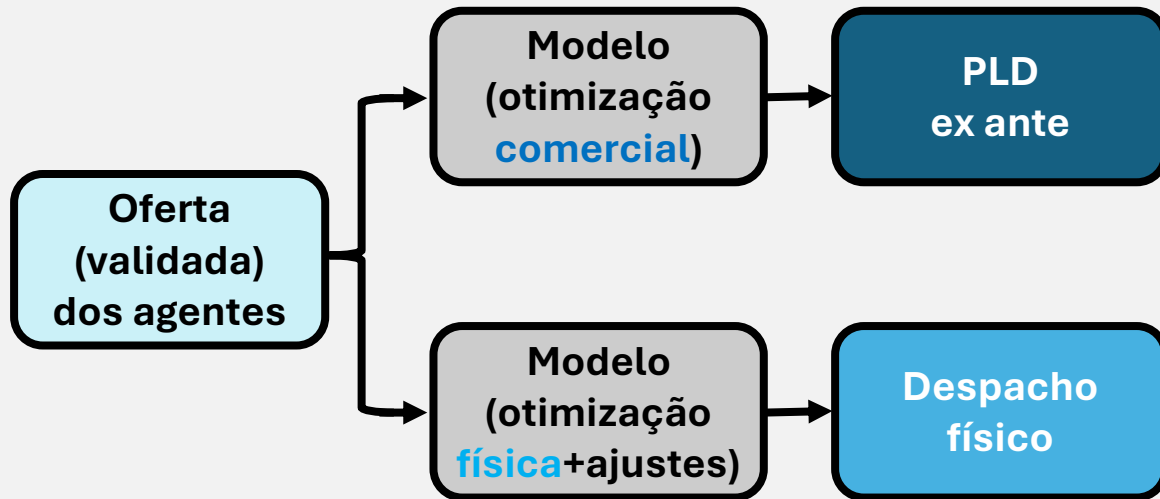
Liquidação dupla



Participação dos Agentes no mercado *spot* (descentralização do processo)

Princípio do compromisso vinculante (Responsabilização e Reconhecimento)

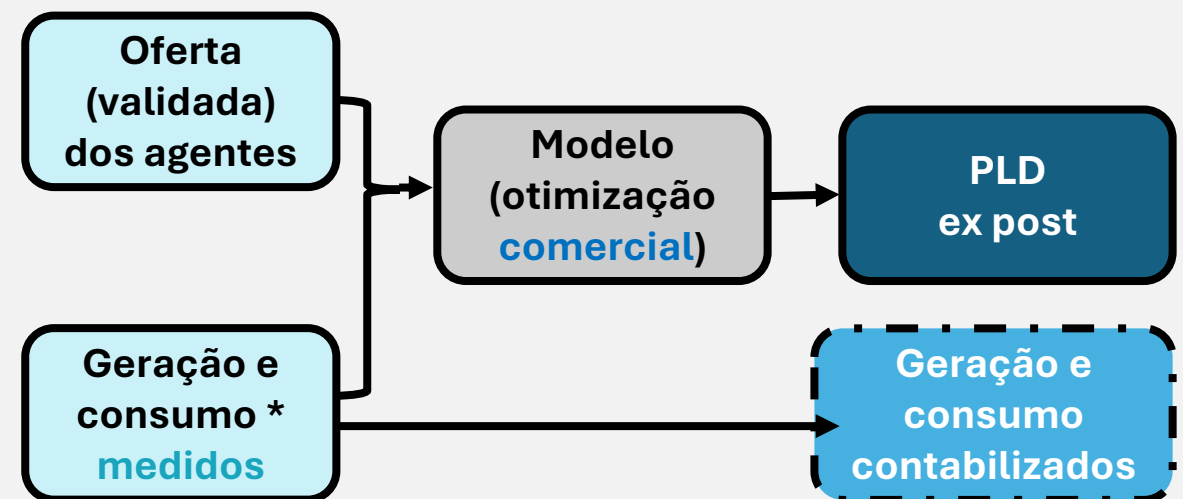
Mercado ex ante



LIQUIDAÇÃO ex ante

$$R^1 = p^1 \cdot q^1$$

Mercado ex post



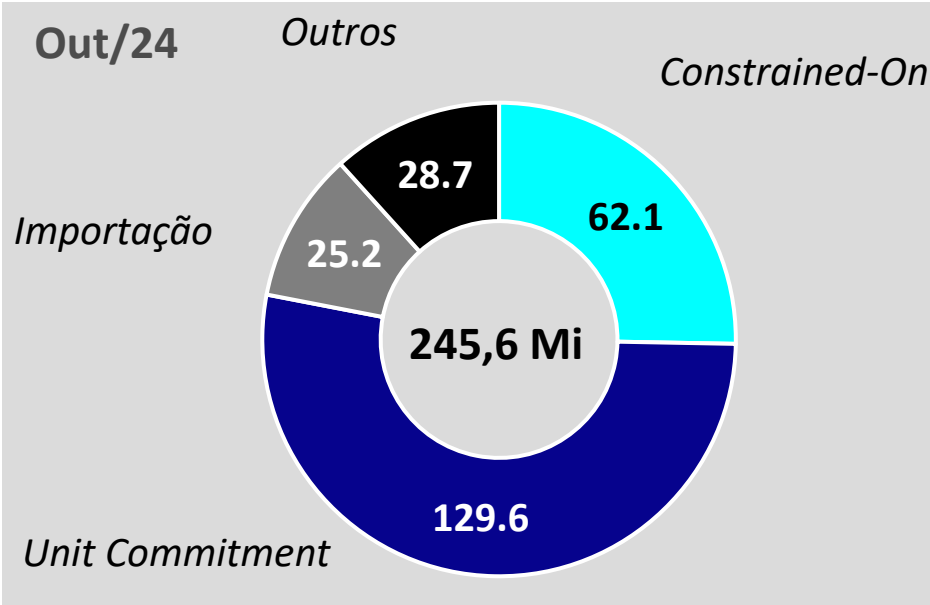
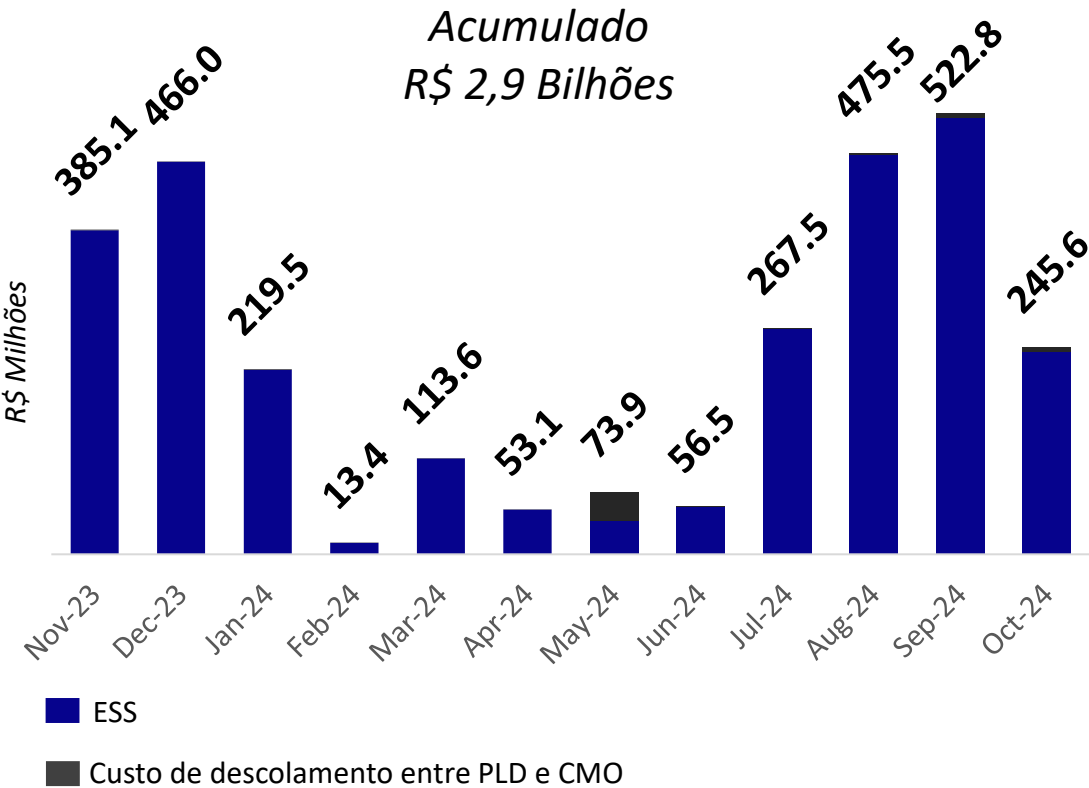
* E indisponibilidades

LIQUIDAÇÃO ex post

$$R^2 = p^2 \cdot (q^2 - q^1)$$

Encargos de Serviço do Sistema e Custo de Descolamento entre PLD e CMO: Contabilização e Impactos

A redução dos valores de ESS se deve principalmente a menor necessidade de geração termelétrica adicional ao verificado pelo modelo DESSEM para atendimento da ponta de carga líquida.



Impactos estimados (out/24)

ESS equivalente a
\$ R\$ 4,21
por MWh

Estimativa de custo adicional de
0,82% a 0,87%
ao preço da energia no ACL

Estimativa⁽²⁾ de aumento de
0,5%
na tarifa do ACR

⁽²⁾ De Nov/23 a Out/24: R\$ 2,9 bilhões

encontro

pld

ENCONTRO
DO PLD
18/12/2024

**18 de dezembro
9h30**

***análise do comportamento do PLD,
balanço de 4 anos do PLD horário***

**Auditório Shopping Center 3
Avenida Paulista, 2064**

***evento presencial
com transmissão ao vivo***

META II FORMAÇÃO DE PREÇO



Website :

www.meta2formacaodepreco.com.br



Palestrante

Rodrigo Sacchi - CCEE



02

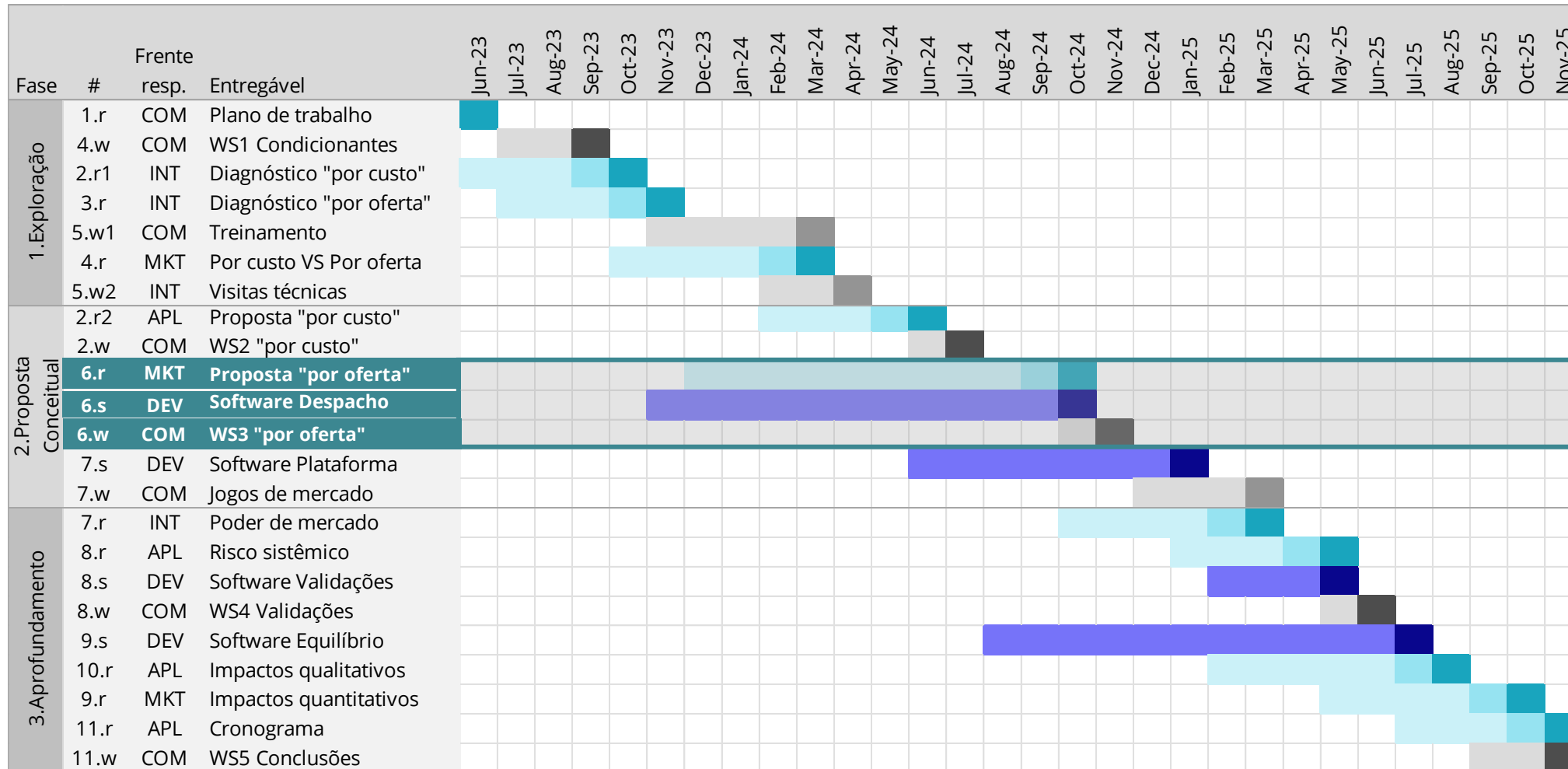
Trajetória e perspectivas do Projeto

Abstract teal wavy lines at the bottom of the slide.

Visão geral do projeto



Propostas preço por oferta: e6r + e6s + e6w



Entregáveis relatório

- Execução do trabalho
- Entrega preliminar
- Entrega final

Entregáveis evento

- Preparação de material
- Evento interno/exclusivo
- Workshop externo

Entregáveis software

- Desenvolvimento
- Distribuição do software

Onde estivemos e onde estamos



POR CUSTO VS POR OFERTA: conceituação e análise

RELATÓRIO 4

Extenso **benchmark internacional**, suportado por uma ampla revisão bibliográfica

Entrevistas com especialistas para identificação de iniciativas como imprescindíveis, prioritárias, desejáveis e dubitáveis

Sistematização de **11 possíveis aprimoramentos** ao desenho de mercado brasileiro, sendo **3 considerados como imprescindíveis** na formação de preços por oferta

Sistematização de **“Vantagens e desvantagens dos mecanismos de formação de preço”** desse projeto.

INTRODUÇÃO DO MECANISMO “por oferta”

RELATÓRIO 6

Sistematização de como os agentes **submetem informação**, de forma **extremamente flexível e neutra à tecnologia**

Demonstrar que **é possível traduzir** a representação “por custo” na representação “por oferta”

Demonstrar que o desenho proposto **é compatível** com os fundamentos e a experiência internacional (capaz de extrair informação descentralizada)

Mais uma entrega do dia: SOFTWARE PARCIAL



IARA: modelo de liquidação

- ✓ **Estará disponível** na data do Workshop primeira versão pública do modelo IARA
- ✓ Capaz de analisar os sinais de preço sob diferentes **cenários regulatórios** (com ou sem elementos híbridos por custo VS por oferta)
- ✓ Mesmo sem as **funcionalidades completas** de submissão e validação de ofertas, possível extrair bastante informação

Construção de ofertas
heurísticas

Submissão de ofertas
dos agentes

Validação de ofertas
pelo operador

Despacho e formação
de preços

Resultados de mercado

BAIXE O IARA AQUI:



Onde estaremos: próximos relatórios



Introdução de elementos de validação “híbridos”

RELATÓRIOS 7 e 8

Sistematização de como o operador **valida informação** submetida pelos agentes, segundo **regras claras e estruturadas**

Demonstrar que é **possível traduzir** a informação do operador em “restrições” às ofertas submetidas

Demonstrar que o desenho proposto **é compatível** com as preocupações das instituições e da sociedade (capaz de garantir a prudência na supervisão)

Mensuração quantitativa e qualitativa

RELATÓRIOS 9 e 10

Análise comparativa, em base **quantitativa**, entre os resultados de mercado com base em custos e os efeitos de mercado baseado em ofertas

Análise das alterações regulatórias para uma mudança no paradigma de formação de preços, de custos para ofertas

Avaliação quanto às **adaptações necessárias nos modelos** hoje utilizados, assim como a criação de uma plataforma para submissão de ofertas.

Análise dos impactos aos agentes, como se darão os legados e as regras de transição.

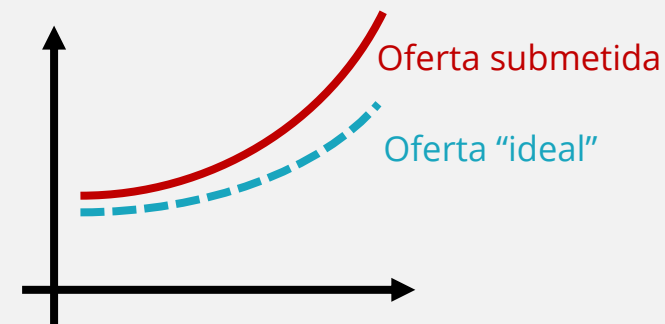
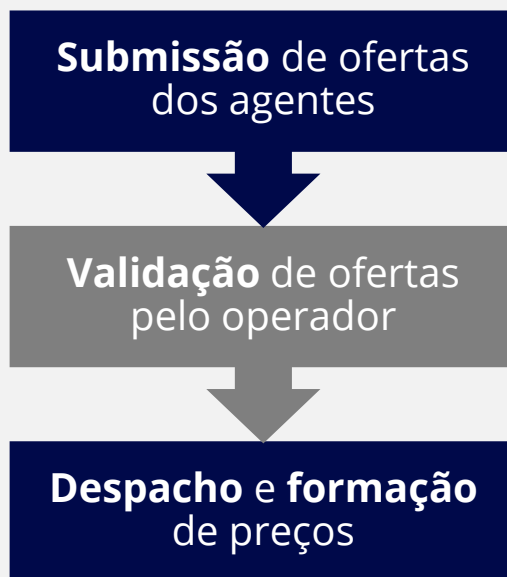
Etapa de “validação” na prática



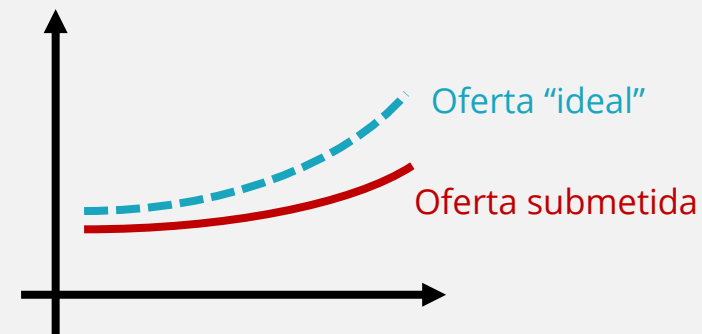
Será endereçada em relatórios futuros

Agentes ofertam **muito caro** (poder de mercado)

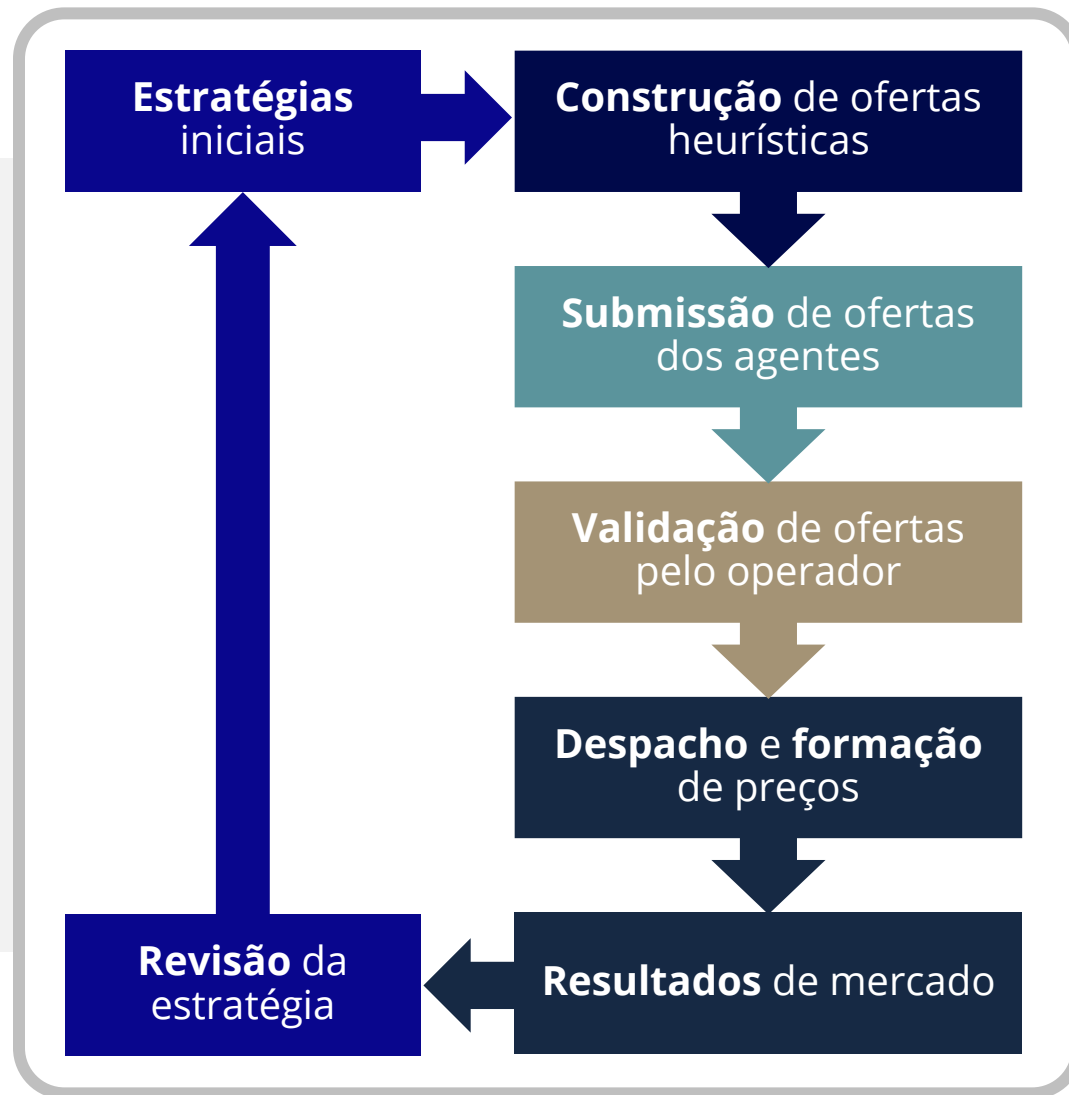
- O **mesmo tipo** de processo de validação pode ser usado para combater **duas** preocupações comuns do modelo por oferta:
 - **Poder de mercado**
 - **Segurança de suprimento**
- Fundamentalmente relacionados a **ofertas não críveis** de alguma forma (sobrescritas pelo operador)



Agentes ofertam **muito barato** (segurança de suprimento)



Expectativa de software ao final do projeto



IARA: modelo de equilíbrio

- Haverá **quatro entregas de software** até o final do projeto, incrementando gradualmente o pacote em código aberto

META II FORMAÇÃO DE PREÇO



Website :

www.meta2formacaodepreco.com.br

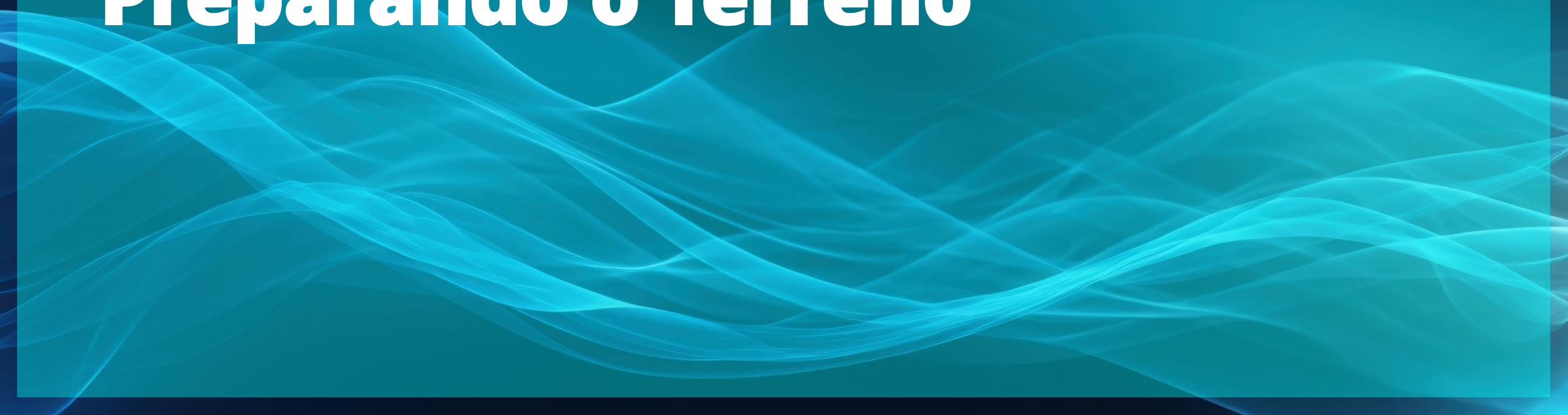


Palestrante
Gisella Siciliano

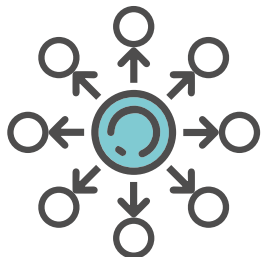


02

Revisão de Conceitos Essenciais: Preparando o Terreno

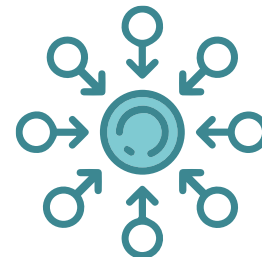
Abstract teal wavy lines at the bottom of the slide.

Recapitulando os conceitos



POR CUSTOS

Mais centralizado
do planejador para os agentes

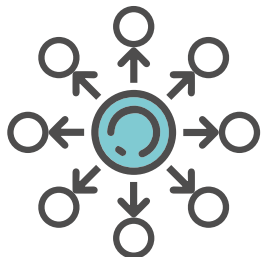


POR OFERTAS

Mais descentralizado
dos agentes para o planejador

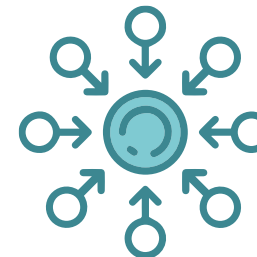
Espectro de possibilidades de desenho

Recapitulando os conceitos



POR CUSTOS

Mais centralizado
do planejador para os agentes



POR OFERTAS

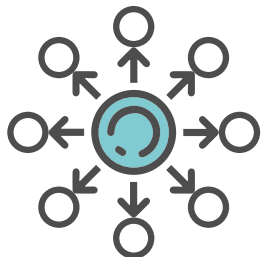
Mais descentralizado
dos agentes para o planejador

Espectro de possibilidades de desenho

“MODELOS HÍBRIDOS”

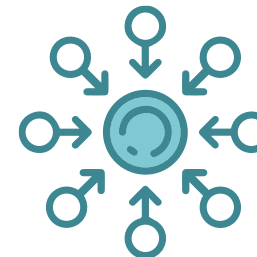
- **Extraem valor** das informações descentralizadas dos agentes
- **Sem abrir mão** da prudência / supervisão centralizada

Recapitulando os conceitos



POR CUSTOS

Mais centralizado
do planejador para os agentes



POR OFERTAS

Mais descentralizado
dos agentes para o planejador

Espectro de possibilidades de desenho

“HÍBRIDOS PARTINDO DO MODELO POR CUSTO”

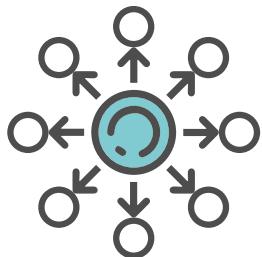
- **Mantêm a lógica central** do modelo atual
- **Introduzem incentivos** – por exemplo, liquidação dupla

CONSCIENTIZAÇÃO

ESFORÇO
REGULATÓRIO E
SISTEMATIZAÇÃO

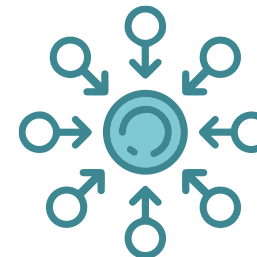
DESENVOLVIMENTO E
IMPLEMENTAÇÃO

Recapitulando os conceitos



POR CUSTOS

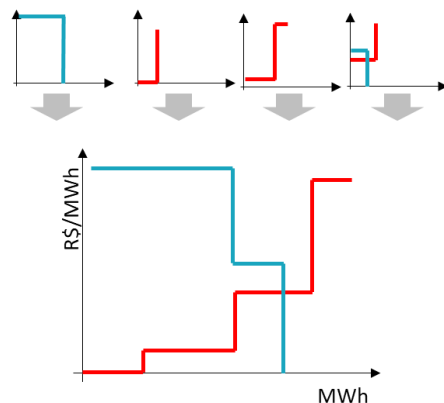
Mais centralizado
do planejador para os agentes



POR OFERTAS

Mais descentralizado
dos agentes para o planejador

Espectro de possibilidades de desenho



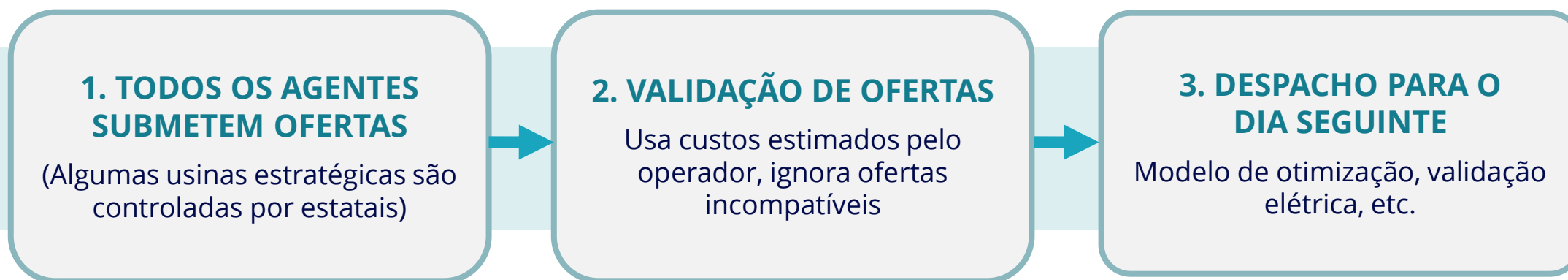
“HÍBRIDOS PARTINDO DO MODELO POR OFERTA”

- **Mudança de paradigma** do modelo atual
- **Ônus da prova** – demonstrar que mudança é desejável

“Híbridos por oferta” comuns na prática

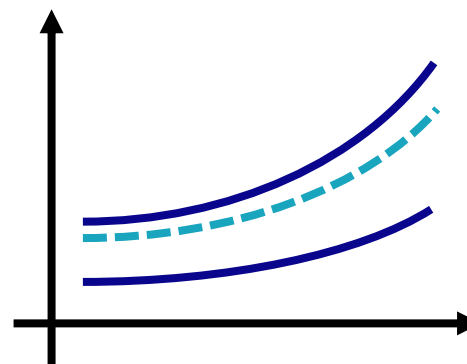


Caso dos modelos de mercado no México e Vietnã (países que adotam um modelo “por custo”):



EXEMPLO:

validação para termelétricas
(limite máximo e mínimo)



1 VND/kWh até o CVU estimado



0 até 110% do CVU estimado

Tipos de “oferta” já presentes no Brasil hoje



Elementos “híbridos” atualmente são tratados caso a caso (específicos por tecnologia)

Tipo de agente	Frequência de declaração	Influencia preço (ante)?	(ex	Influencia	é o	Pedidos de alterações pós PDO?
Disponibilidade & Inflexibilidade UTE	Sem					Sim
CVU UTE						Não
CVU UTE para RRO	(a					Não
Importação / Exp. UTE / Exp. EVT	(CVU					Sim
Resposta da demanda					Sim	Não*
Ajuste perfil hidrelétricas	Diária (pós-DESSEM)	Não			Sim	Sim



Ministério de Minas e Energia

Consultoria Jurídica

PORTARIA NORMATIVA GM/MME Nº 88, DE 31 DE OUTUBRO DE 2024

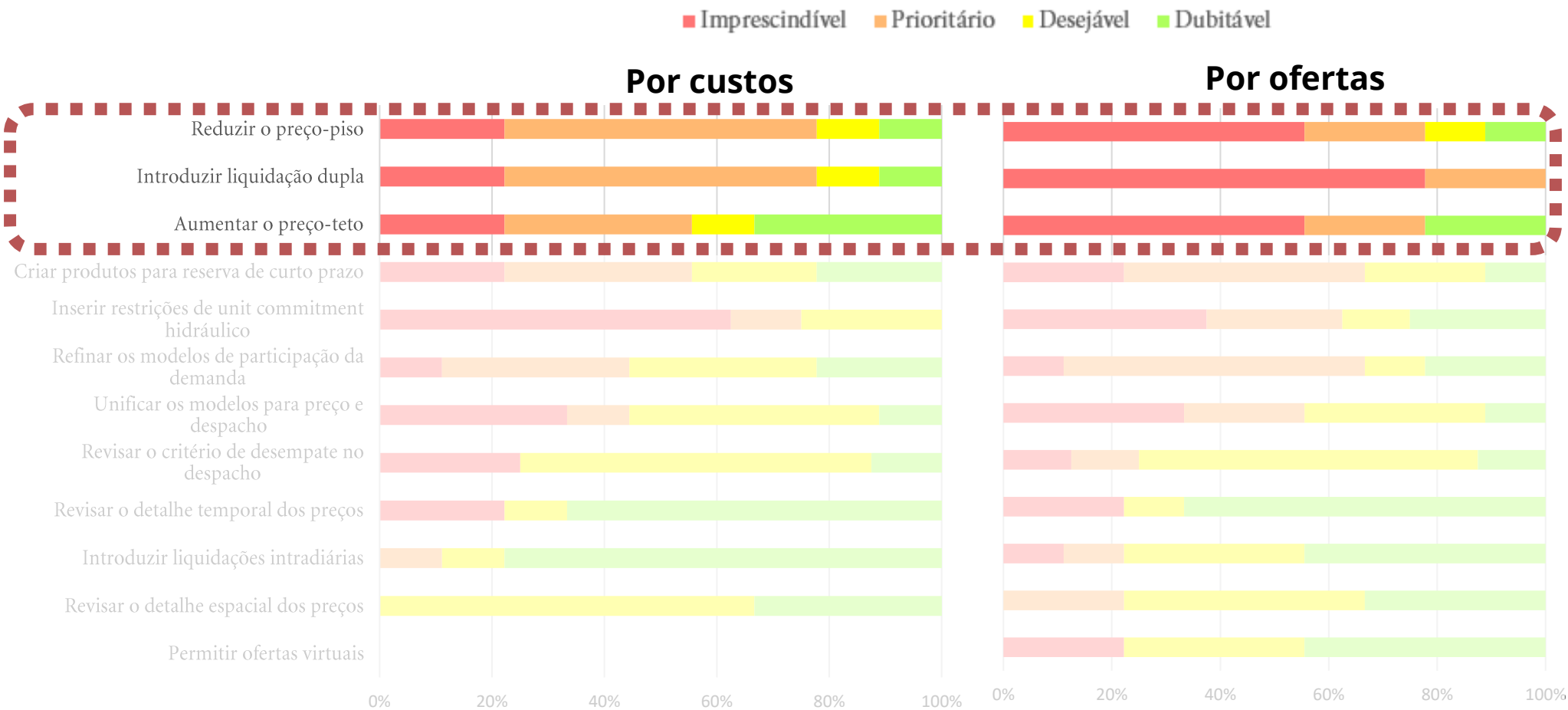
Estabelece Diretrizes para operação em condição diferenciada de usinas termoeletricas para atendimento de potência no Sistema Interligado Nacional.

Art. 3º Os agentes termoeletricos que estejam adimplentes com as obrigações setoriais, inclusive junto à Câmara de Comercialização de Energia Elétrica - CCEE, cujas usinas possam operar em condição diferenciada, observado o disposto no art. 2º, e que tenham interesse nessa modalidade, poderão apresentar ao ONS ofertas de preço, em R\$/MWh, e quantidade de produtos de potência, conforme procedimentos descritos em rotina operacional provisória.

Premissa: Componentes imprescindíveis



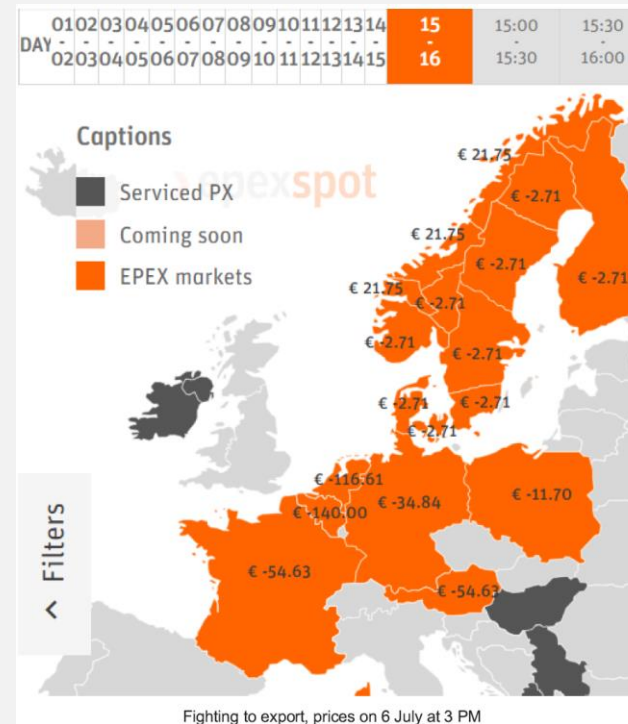
Já tocadas em relatórios anteriores (4 e 2.2) – componente importante da proposta



Preços teto e piso em mercados internacionais

Table 1. Market price caps in selected electricity markets.

Market/ISO	Price Cap (2009)	Price Cap (2020)
CAISO (USA)	\$500/MWh (Bid Cap)	
	\$2500/MWh (Price cap)	\$1,000/MWh
ERCOT (USA)	\$3000/MWh	\$2,000/MWh (Low offer cap)
		\$9,000/MWh (High offer cap)
EPEX (Europe)	3000 EUR/MWh	3000 EUR/MWh (Day Ahead)
		9999 EUR/MWh (Intraday)
GME (Europe)	No cap	3000 EUR/MWh (Day Ahead)
		9999 EUR/MWh (Intraday)
ISO-NE (USA)	\$1,000/MWh	\$1,000/MWh
NORDPOOL (Europe)	No cap	3000 EUR/MWh (Day Ahead)
		9999 EUR/MWh (Intraday)
OMIE (Europe)	No cap	3000 EUR/MWh (Day Ahead)
		9999 EUR/MWh (Intraday)
PJM (USA)	\$1,000/MWh	\$1,000/MWh
N2EX (UK)	No cap	£1,500/MWh (2020)
		£750/MWh (2021)
EXIST (Turkey)	Not available	2000 TL/MWh*
NZX (New Zealand)	No cap	No cap



Hourly prices are becoming more volatile in regions such as Europe.

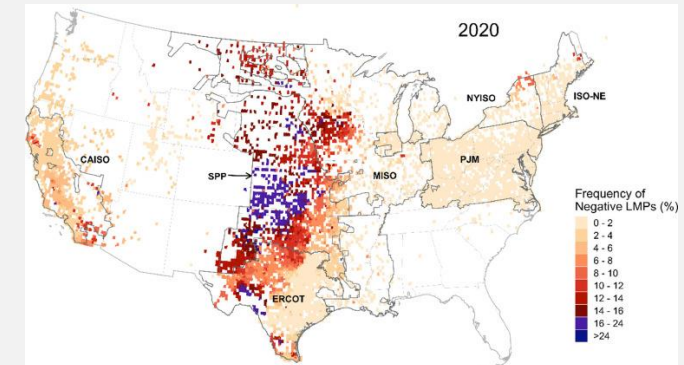
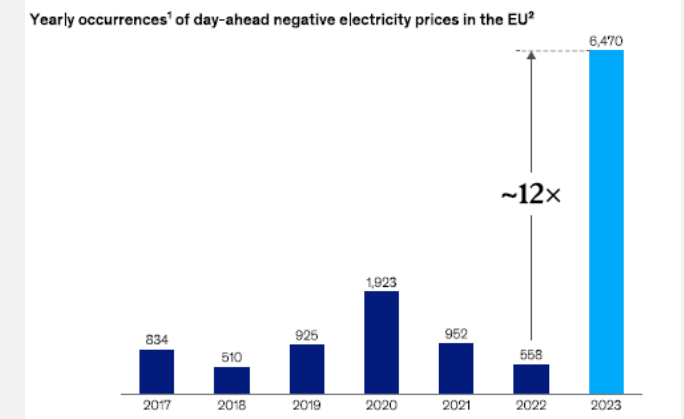


Fig. 1. Frequency of negative [locational marginal prices](#) at nodes in the seven organized wholesale markets in the United States.

Fonte: Sirin; Erten (2022). Price spikes, temporary price caps, and welfare effects of regulatory interventions on wholesale electricity markets. *Energy Policy*

Liquidação dupla: Explorada no último WS



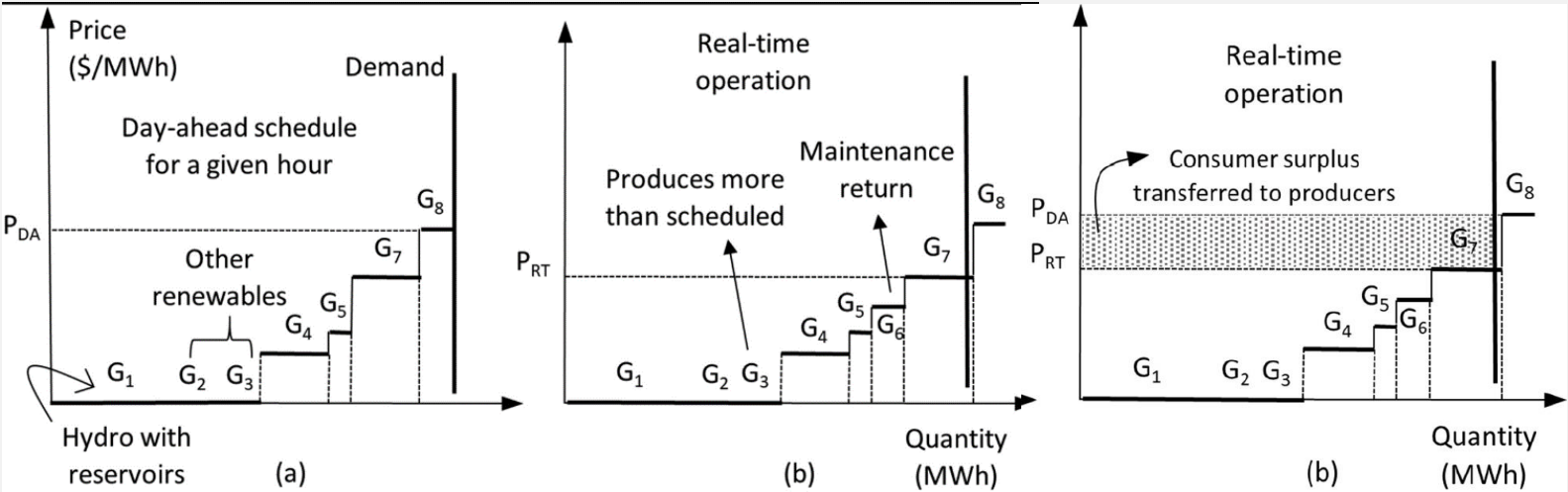
- ✓ A liquidação dupla **melhoraria o sinal de preço** atual
- ✓ Os agentes **não podem ter dúvidas** quanto às regras exatas de funcionamento
- ✓ O agente terá incentivo a **melhorar** sua previsão se ele **não influencia preços** e é **avesso ao risco**
 - ✓ Se existe **poder de mercado**, dinâmica mais complexa (avaliar futuramente)



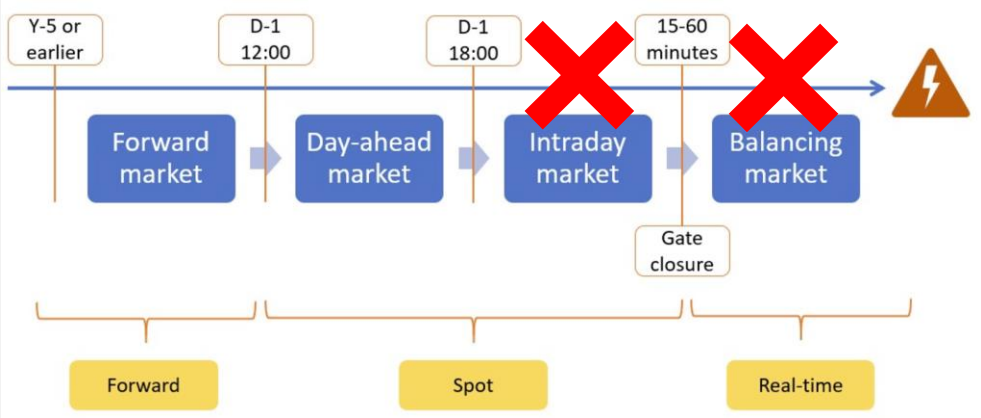
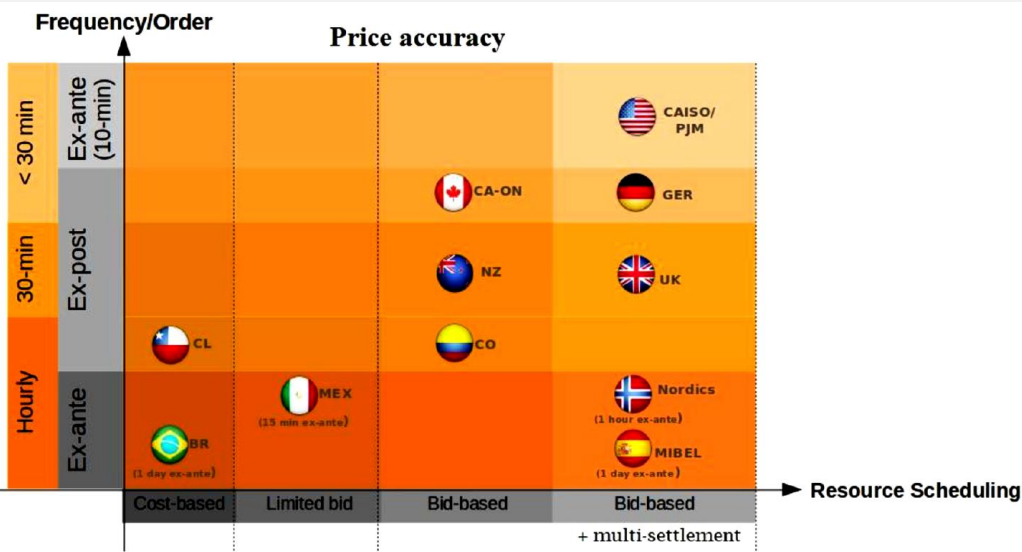
Liquidação dupla: Explorada no último WS



Fonte: Munhoz, F.C. (2021). Two-settlement system for the Brazilian electricity market. Energy Policy



Fonte: Ribeiro et al (2023). Technical and economical aspects of wholesale electricity markets: An international comparison and main contributions for improvements in Brazil. Electric Power Systems Research



META II FORMAÇÃO DE PREÇO



Website :

www.meta2formacaodepreco.com.br



Palestrante
Erik Rego

META II FORMAÇÃO DE PREÇO

Workshop 3

Propostas para o preço por oferta

Bloco 3: Explorando o modelo por ofertas

27 de novembro de 2024



3.1

Proposta Base por Ofertas

Componentes da proposta base



Estrutura de ofertas

Agentes se registram como ofertantes (voluntariamente) e submetem dados para o “fechamento do mercado”

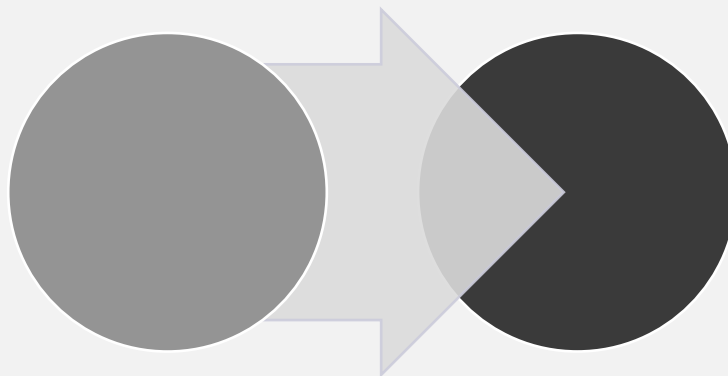
Agente ofertante

Ofertas independentes (horárias)

Ofertas de perfil (multi-horárias)

Conversão físico-ofertas

Ser capaz de “traduzir” a informação física das bases de dados tradicionais em uma “oferta recomendada” na estrutura



Estrutura de subproblemas

Endereçar que, na prática, o “fechamento de mercado” é um **processo** (não um problema de otimização único)

Problema ex ante



Problema ex post

Elementos levados em conta de forma **conjunta** na construção da proposta

É importante tratar de como **operacionalizar** e de como **emular/simular** o mercado

O problema de fechamento de mercado



Em geral, um **problema de otimização** é usado para representar o despacho e formação de preço

O preço de mercado π corresponde à variável dual da restrição de balanço oferta-demanda – demonstra-se que este é o **signal de preço** mais eficaz (na ausência de poder de mercado) para que os agentes tomem decisões de geração e consumo **coerentes** com as condições do sistema

Abstraindo as diferentes **escolhas** de representação deste problema de otimização, temos representações (i) baseada em **funções** e (ii) baseada em **segmentos**

$$\begin{aligned} \min_q \quad & \sum_{j \in \mathcal{J}} c_j^Q(q_j) \\ \sum_{j \in \mathcal{J}} q_j &= 0 \quad : \pi \\ q_j &\in Q_j \quad \forall j \in \mathcal{J} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \min_{\lambda} \quad & \sum_{j \in \mathcal{J}} \underbrace{\sum_{m \in \mathcal{M}(j)} \lambda_{jm} Q_{jm} P_{jm}} \\ \sum_{j \in \mathcal{J}} \underbrace{\sum_{m \in \mathcal{M}(j)} \lambda_{jm} Q_{jm}} &= 0 \quad : \pi \\ 0 \leq \lambda_{jm} &\leq 1 \quad \forall j, m \end{aligned}$$

Estrutura de ofertas: segmentos



Uma padronização (utilizada em mercados maduros europeus): cada “grupo” $j \in \mathcal{J}$ pode submeter **ofertas independentes** e **ofertas de perfil**, com **segmentos** $m \in \mathcal{M}^I$ e $m \in \mathcal{M}^P$ respectivamente

Ofertas independentes (horárias)

Dados para cada **intervalo** (horário ou sub-horário) separadamente

$$P_{jmt}, Q_{jmt}$$

Decisão de acionamento é **independente** para cada intervalo

$$\lambda_{jmt}$$

Ofertas de perfil (multi-horárias)

Dados representam um **perfil** englobando **todos** os intervalos

$$P_{jm}, \{Q_{jmt}\}_t$$

Decisão de acionamento é para o **perfil** como um todo

$$\lambda_{jm}$$

Estrutura de ofertas complexas de perfil



Para que permitam de fato uma representação **genérica**, é importante complementar as ofertas de perfil com três tipos de restrição adicional

Este formato para ofertas de perfil e restrições é utilizado na Europa e outros países

Tipo de restrição	Fórmula (simplificada)	Intuição	Para o software
Restrição de complementariedade	$\lambda_M + \lambda_N \leq 1$	Se o perfil N foi aceito, o aceite do perfil M é limitado	Conjuntos de complementariedade
Restrição de precedência	$\lambda_M \leq \lambda_N$	Se o perfil N não foi totalmente aceito, o aceite da oferta M é limitado	Perfil “mãe” (possivelmente $\emptyset$)
Restrição de ativação mínima	$\lambda_M \neq 0 \Rightarrow \lambda_M \geq L_M$	se aceito, o perfil M deve respeitar o limite mínimo	Variável binária

Exemplo: Oferta de reservatório



Apenas com ofertas independentes e de perfil, é possível incorporar a “função de lucro futuro” das hidrelétricas com reservatório no modelo (caso Espanha, Noruega, Colômbia, etc)

A hidro (i) oferta **dois patamares** de valor da água e (ii) pode alocar a sua geração a **diferentes períodos**



A água armazenada no reservatório é de **direito e responsabilidade** do agente que faz ofertas

Ofertas de perfil	Período 1 (manhã)	Período 2 (tarde)	Período 3 (noite)	Custo
Perfil 1a	5 MW	0 MW	0 MW	10 \$/MWh
Perfil 1b	0 MW	5 MW	0 MW	10 \$/MWh
Perfil 1c	0 MW	0 MW	5 MW	10 \$/MWh
Perfil 2a	10 MW	0 MW	0 MW	50 \$/MWh
Perfil 2b	0 MW	10 MW	0 MW	50 \$/MWh
Perfil 2c	0 MW	0 MW	10 MW	50 \$/MWh

Restrições:

$$C1: \lambda_{1a} + \lambda_{1b} + \lambda_{1c} \leq 1$$

$$C2: \lambda_{2a} + \lambda_{2b} + \lambda_{2c} \leq 1$$

Exemplo: Oferta de baterias



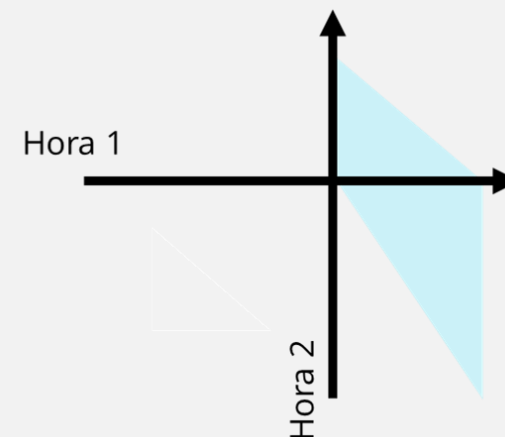
Apenas com ofertas independentes e de perfil, é possível incorporar as restrições de carregamento e descarregamento da bateria.

Ofertas de perfil	Hora 1	Hora 2	Hora 3
Perfil 1	-5 MW	4 MW	0 MW
Perfil 2	-5 MW	0 MW	4 MW
Perfil 3	0 MW	4 MW	-5 MW
Perfil 4	0 MW	-5 MW	4 MW
Perfil 5	4 MW	-5 MW	0 MW
Perfil 6	4 MW	0 MW	-5 MW

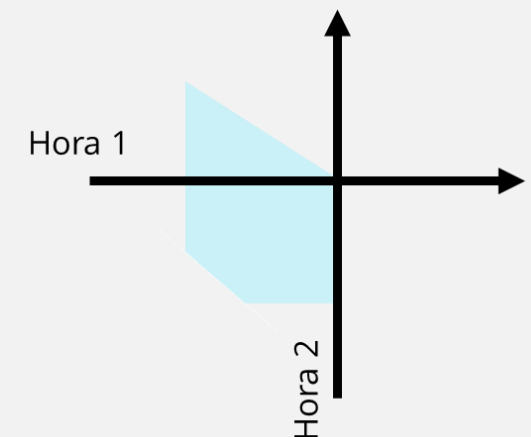
Restrições:

$$\begin{array}{ll} C1: \lambda_1 + \lambda_2 \leq 1 & C4: \lambda_3 + \lambda_6 \leq 1 \\ C2: \lambda_1 + \lambda_3 \leq 1 & C5: \lambda_4 + \lambda_5 \leq 1 \\ C3: \lambda_2 + \lambda_4 \leq 1 & C6: \lambda_5 + \lambda_6 \leq 1 \end{array}$$

Inicialmente cheia



Inicialmente vazia



Na prática: mecanismos facilitadores



É desejável **permitir** que os agentes submetam “ofertas de perfil” diretamente

- Novas tecnologias são **automaticamente contempladas** sem a necessidade de adaptação (e.g. usinas híbridas, baterias) – **incentivo à inovação**

Por outro lado, mecanismos “facilitadores” **reduzem barreiras à entrada**

- Nem sempre é simples “traduzir” parâmetros usuais da indústria (como mínimo tempo ligado, capacidade de armazenamento, etc.) para a linguagem das ofertas independentes e ofertas de perfil
- No nosso modelo, um **módulo adicional** é usado para criar correspondências diretas

META II FORMAÇÃO DE PREÇO



Website :

www.meta2formacaodepreco.com.br



Palestrante
Nina Hubner



3.2

Modelos

Representações “por CUSTO” e “por OFERTA”



VERSÃO “POR CUSTO”

- Unidades físicas i
- Decisões $u_i \in \mathcal{U}_i$ (turbinamento, volume...)
- Função custo C^U e função de produção Q

$$\begin{aligned} \min_u \sum_{i \in \mathcal{I}} C_i^U(u_i) \\ \sum_{i \in \mathcal{I}} Q_i(u_i) &= 0 \quad : \pi \\ u_i &\in \mathcal{U}_i \quad \forall i \in \mathcal{I} \end{aligned}$$

VERSÃO “POR OFERTA”

- Grupos de oferta j
- Quantidades produzidas/consumidas $q_j \in \mathcal{Q}_j$
- Função custo C^Q

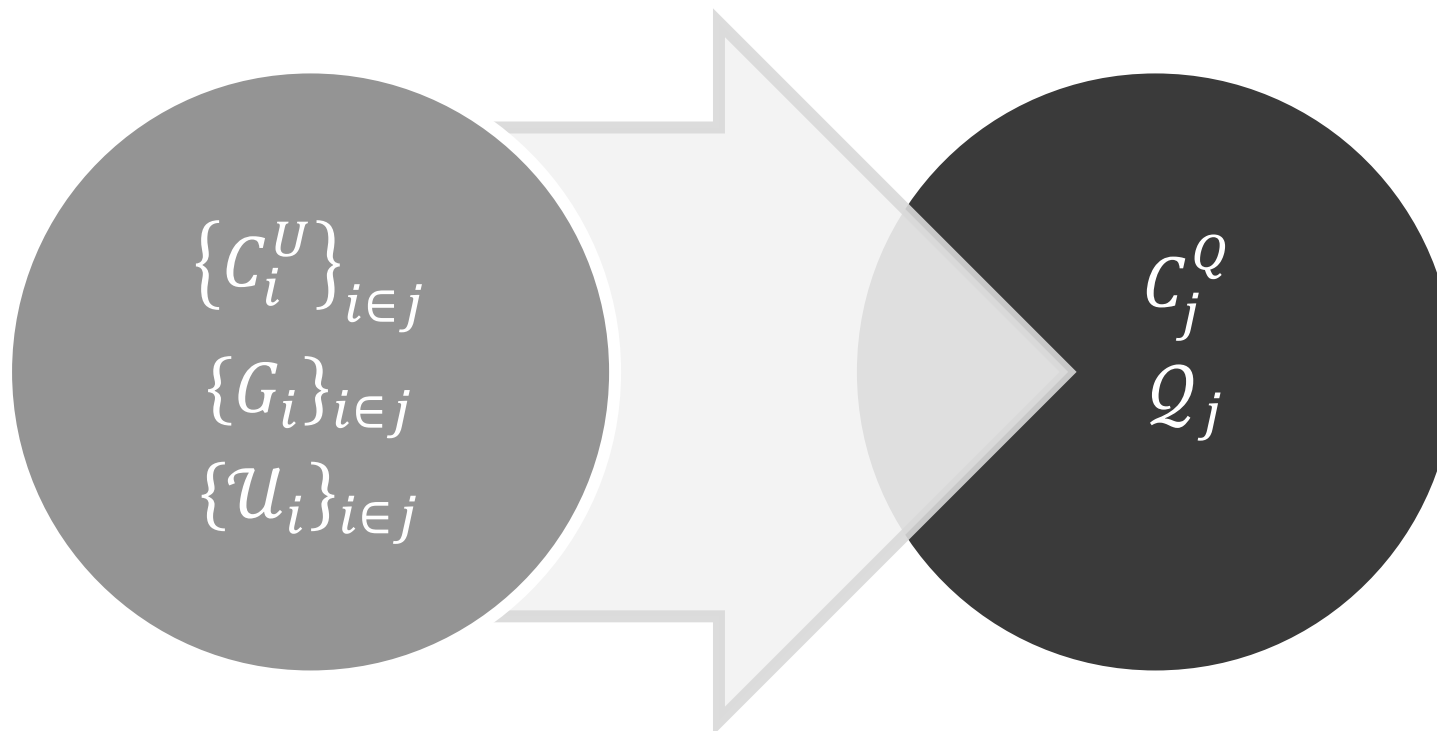
$$\begin{aligned} \min_q \sum_{j \in \mathcal{J}} C_j^Q(q_j) \\ \sum_{j \in \mathcal{J}} q_j &= 0 \quad : \pi \\ q_j &\in \mathcal{Q}_j \quad \forall j \in \mathcal{J} \end{aligned}$$

Conversão físico-ofertas



Existe grande **diversidade** entre como diferentes tecnologias / unidades físicas são representadas no mundo “**por custos**”.

É possível “traduzir” estas representações em uma **linguagem comum**?



Fechamento de mercado como um processo



Até aqui, falamos de um único “problema de otimização”; mas o fechamento de mercado é um **processo**

A distinção entre o problema **ex ante** (mercado do dia seguinte) e o problema **ex post** (mercado de balanço) é necessária – incorporar **informação nova** que chega mais próximo do tempo real

Em muitos países há também uma distinção **regulatória** entre o problema **físico** e o problema **comercial** – que precisa ser representada, já que influencia as estratégias dos agentes

Também é importante fazer distinção entre a **operacionalização** e a **simulação** do processo

Subproblema 1

$$\min_q \sum_{j \in \mathcal{J}} c_j^{Q^1}(q_j)$$

$$\sum_{j \in \mathcal{J}} q_j = 0 \quad : \pi$$

$$q_j \in Q_j^1 \quad \forall j \in \mathcal{J}$$

Subproblema 2

$$\min_q \sum_{j \in \mathcal{J}} c_j^{Q^2}(q_j)$$

$$\sum_{j \in \mathcal{J}} q_j = 0 \quad : \pi$$

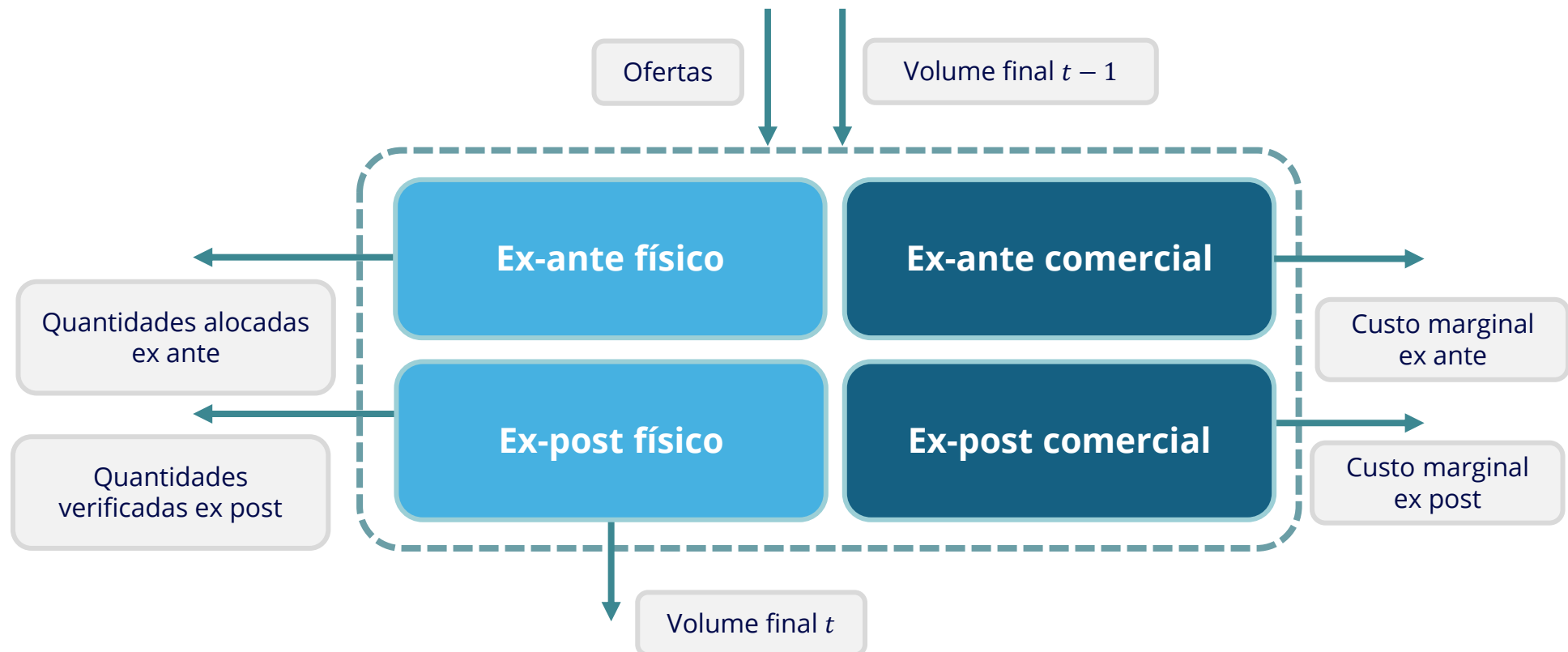
$$q_j \in Q_j^2 \quad \forall j \in \mathcal{J}$$

...

Síntese da estrutura de subproblemas



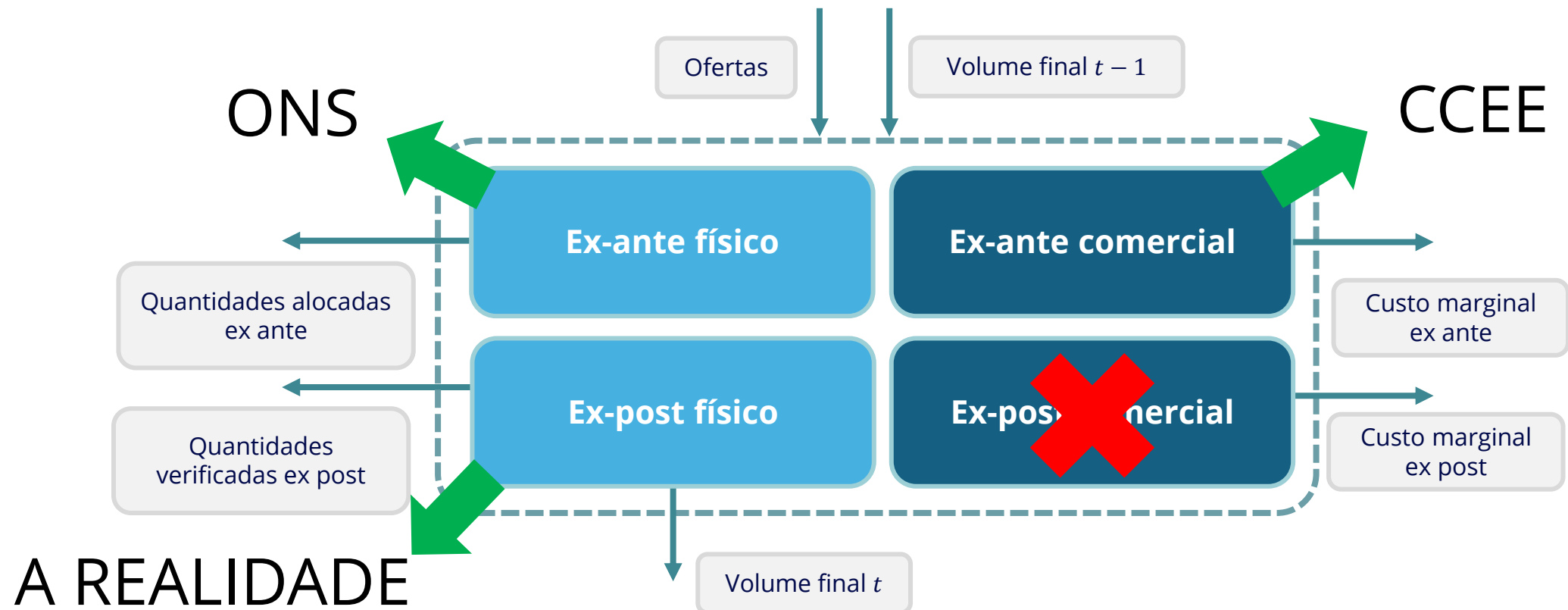
Conceitualmente, podemos pensar em 4 **estruturas** de “subproblemas de otimização”, que podem envolver **representações** diferentes dos dados de entrada (por exemplo da rede elétrica)



Síntese da estrutura de subproblemas



Podemos representar muitos novos desenhos
E o Brasil de **hoje**



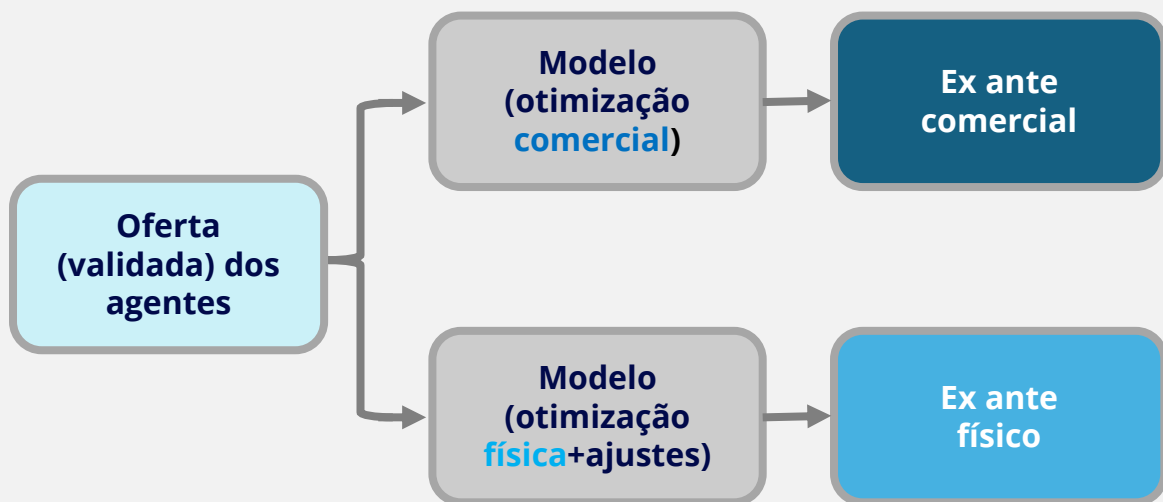
Estrutura de subproblemas: operacional



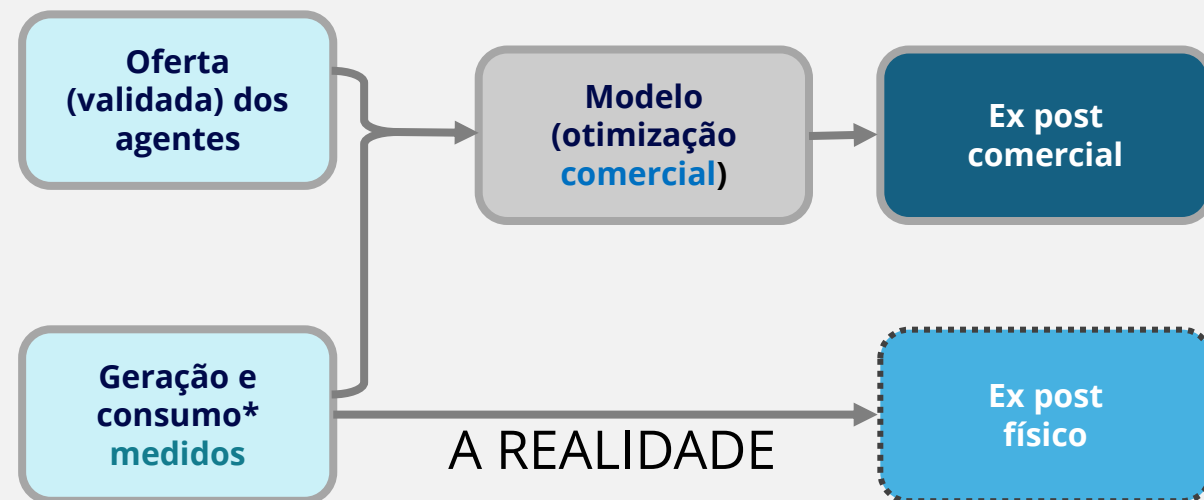
De onde vêm as informações **na prática** para fins de liquidação financeira?

Conceitualmente: **preços** vêm das simulações comerciais, **quantidades** vêm das “simulações” físicas

Mercado ex ante



Mercado ex post



*E indisponibilidades

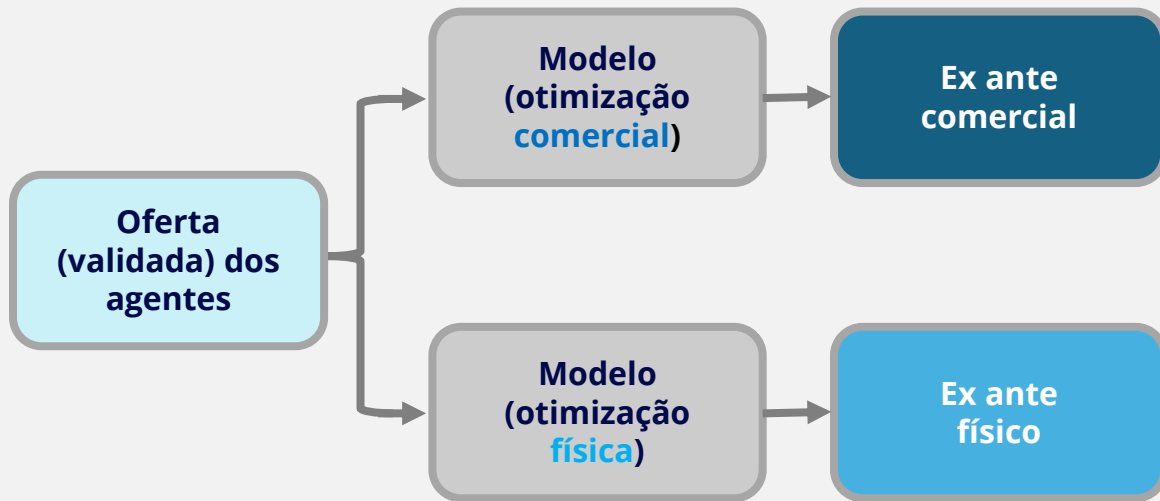
Estrutura de subproblemas: simulação



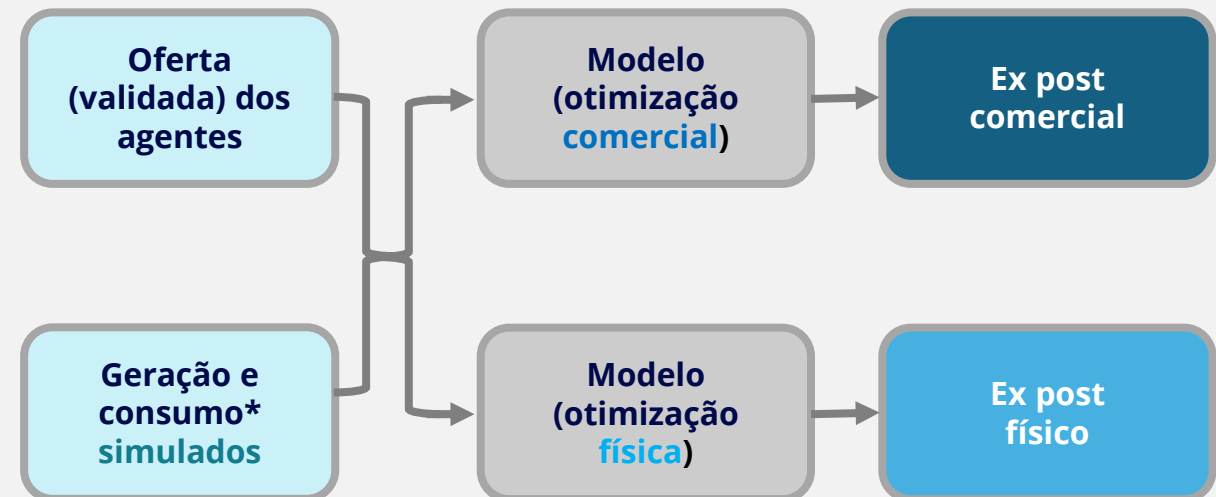
Para fazer uma **simulação** de mercado, não temos dados de “ajuste ex ante” e de “medição ex post”

A “otimização física” é a responsável por representar as informações de **quantidade**

Mercado ex ante



Mercado ex post



*E indisponibilidades

O Modelo IARA



Mais um modelo?

- Código aberto e livre
 - Transparência para experimentos
 - Robustez nos resultados
 - Sem barreiras comerciais
- Flexível e extensível
 - Sandbox para experimentos
 - Reutilização na indústria e academia
- Eficiente
 - Análise de sistemas realistas



IARA – Ferramentas



IARA – Módulos



Características físicas do sistema



Operação centralizada

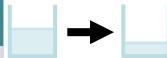
OBJETIVOS:

- Atender a demanda
- Minimizar custos

MÉTODO:

- SDDP

Operação de referência



Cost-to-bid

OBJETIVOS:

- Converter custos para ofertas de preço e quantidade

MÉTODO:

- Heurísticas

Ofertas



Clearing

OBJETIVOS:

- Atender a demanda
- Minimizar custos

MÉTODO:

- Ex-ante e ex-post
- Representação física e comercial

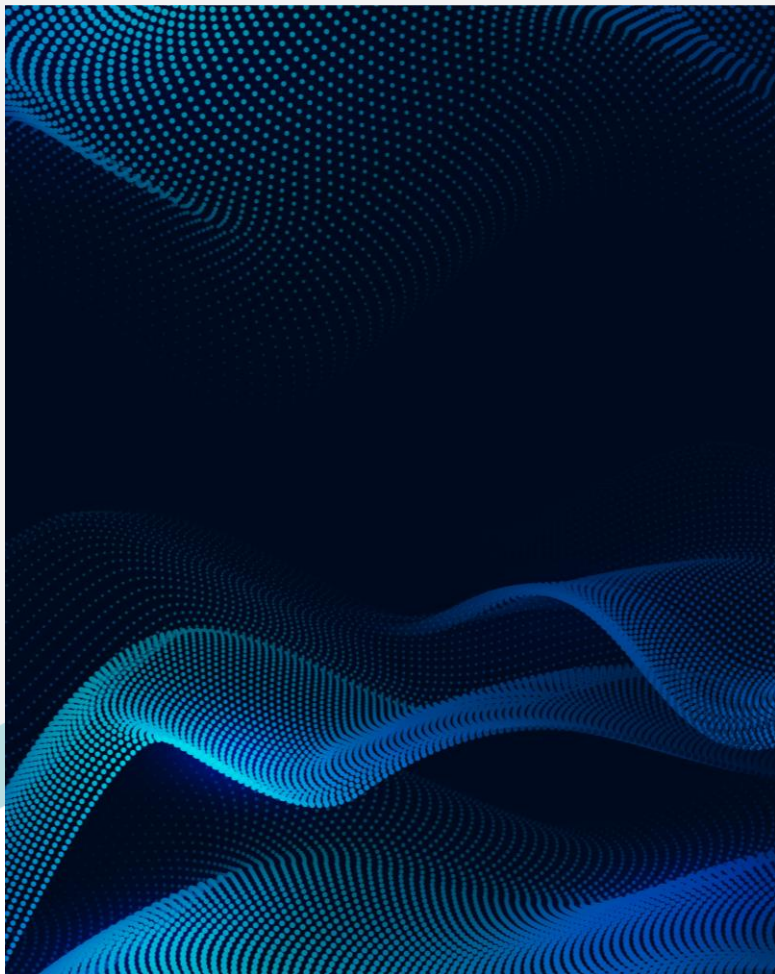
Remuneração dos agentes



Operação  → 



IARA – Repositório



Página do projeto:

www.meta2formacaodepreco.com.br/software

Código fonte:

github.com/psrenergy/IARA.jl

IARA – Documentação



Installation Guide

IARA.jl is a Julia package that can be installed using the Julia package manager. First, if you do not have Julia installed, you can download it from the [official website](#). If you are using Julia for the first time, you can follow the [Getting Started](#) guide.

To install IARA.jl, you can run the following command in the Julia REPL:

```
using Pkg

Pkg.add(url="https://github.com/psrenergy/IARA.jl")
```

This will install the package and its dependencies. You can then use the package by running:

```
using IARA
```

To get started on IARA, you can refer to the tutorials listed in the [Tutorial Index](#) section.

[Overview »](#)

IARA – Usabilidade



Modificar um caso

```
db = IARA.load_study(PATH_HYDRO; read_only = false);
```

```
IARA.add_bus!(db; label = "Island")
```



Rodar um caso

```
IARA.train_min_cost(PATH_CENTRALIZED)
```



```
IARA.market_clearing(PATH_MARKET_CLEARING)
```



IARA – Estudo de caso



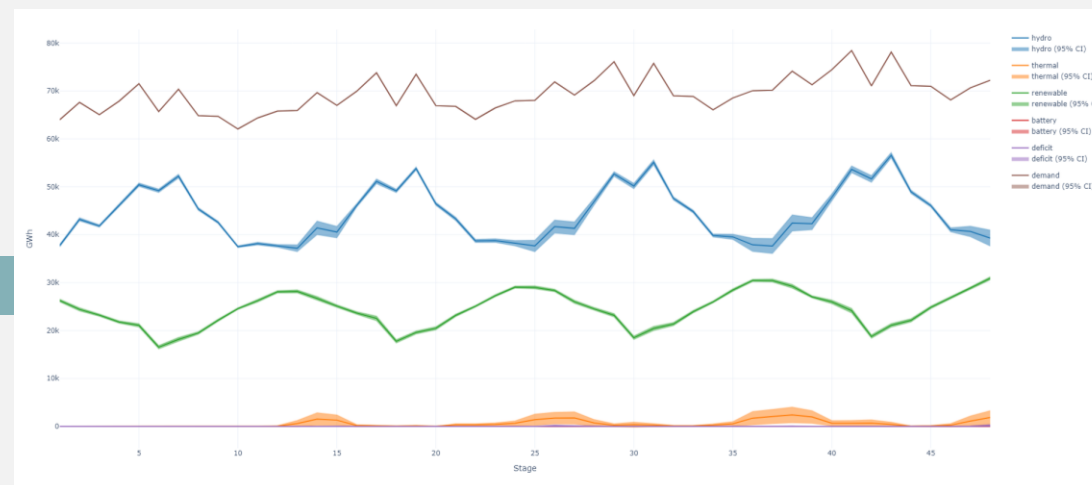
Rodada do Planejamento Mensal da Operação baseado no mês de Setembro

✓ Dimensões do caso:

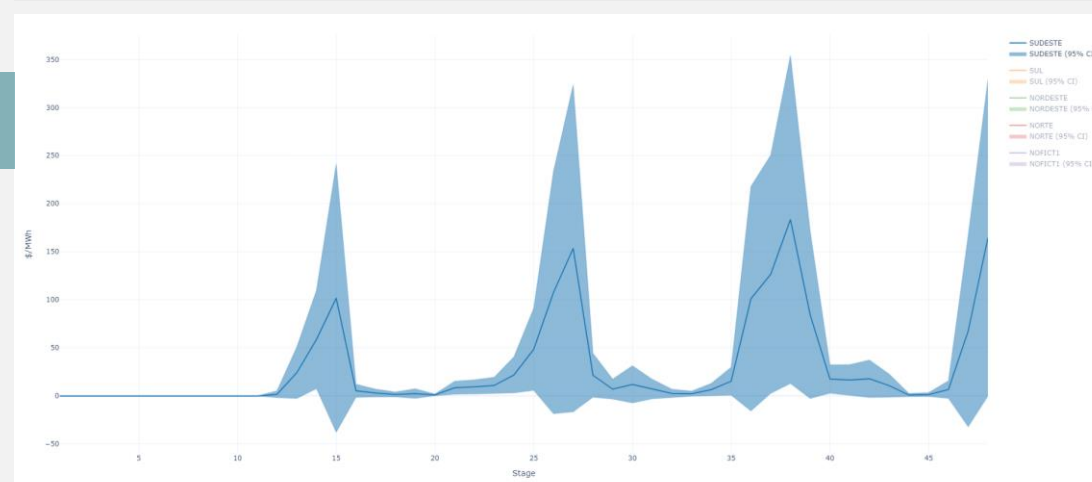
- 48 etapas de resolução mensal (4 anos)
- 50 cenários
- 5 sistemas
- 6 interconexões
- 163 usinas hidrelétricas
- 91 usinas hidrelétricas com reservatório
- 260 usinas renováveis

✓ Tempo de Execução: 1 hora

Geração



Custo marginal



Síntese das iniciativas de desenho paralelas



Com base no relatório e.4.r, usamos como ponto de partida este conjunto de elementos de desenho

O relatório e.10.r explorará (com parcimônia) possibilidades adicionais para alguns destes elementos

Quase toda a nossa proposta **independe** destas iniciativas – compatível com refinamentos posteriores

Iniciativa de desenho paralela	Desenho inicialmente considerado	OBS	Análise quanti?
Preço-piso e preço-teto	Piso mais baixo e teto mais alto que é hoje	“Imprescindível”	Parcial
Liquidação dupla	Considerar liq. dupla (mas não múltipla)	“Imprescindível”	Sim
Granularidade espacial e temporal	Manter atual (horário e zonal para preço)	Não-imprescindível	Não
Estrutura modelos preço e despacho	Manter atual (problemas independentes)	Não-imprescindível	Sim
Representação de tecnologias	Neutro à tecnologia nas ofertas (D, UC hidro)	Não-imprescindível	Não
Estrutura de encargos	Simplificado (constrained-on/off)	Fora do escopo	Parcial
Produtos reserva	Não contemplado	Fora do escopo	Não
Desempate quando custos idênticos	Não contemplado	Fora do escopo	Não

META II FORMAÇÃO DE PREÇO



Website :

www.meta2formacaodepreco.com.br



Palestrante
Joaquim Dias Garcia

META II FORMAÇÃO DE PREÇO

Workshop 3

Propostas para o preço por oferta

Bloco 4: Reservatórios virtuais

27 de novembro de 2024



4.1 Motivação para o reservatório virtual

Como se integram à proposta?

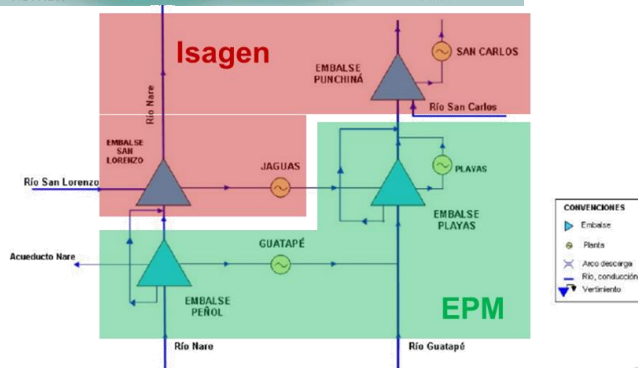
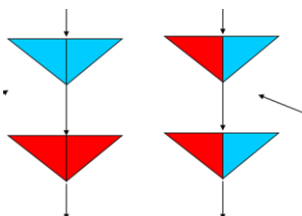


- Toda a proposta desenvolvida até aqui já “fica de pé” por si só – muitos países que adotam o preço por oferta aplicam **apenas** a lógica “tradicional” (ofertas de perfil) para representar hidrelétricas
- O **mecanismo de reservatórios virtuais** é uma componente adicional **recomendada**

INSPIRAÇÕES INTERNACIONAIS



“slicing”



MRE atual

“NOVO MRE”

- Cotas de **afluência**, não de **geração**
- “Reservatório virtual” permite que os agentes **armazenem** esses direitos de afluência (estratégias de oferta)
- Transição **voluntária**: direito de fazer ofertas condicionado ao “Novo MRE”

Muito além dos legados



Cascatas brasileiras são “fora da curva” internacionalmente

 **Brasil**

22% da capacidade
22 proprietários

 **El Salvador**

23% da capacidade
1 proprietários

 **Noruega**

6% da capacidade
5 proprietários

 **Colômbia**

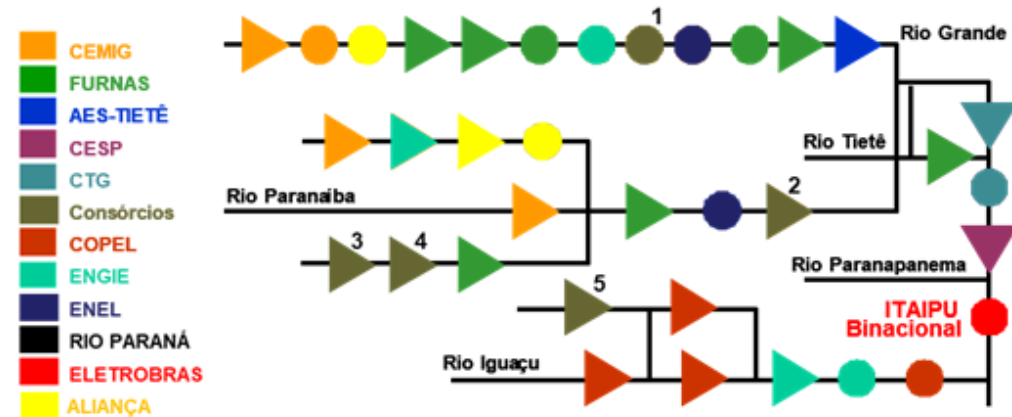
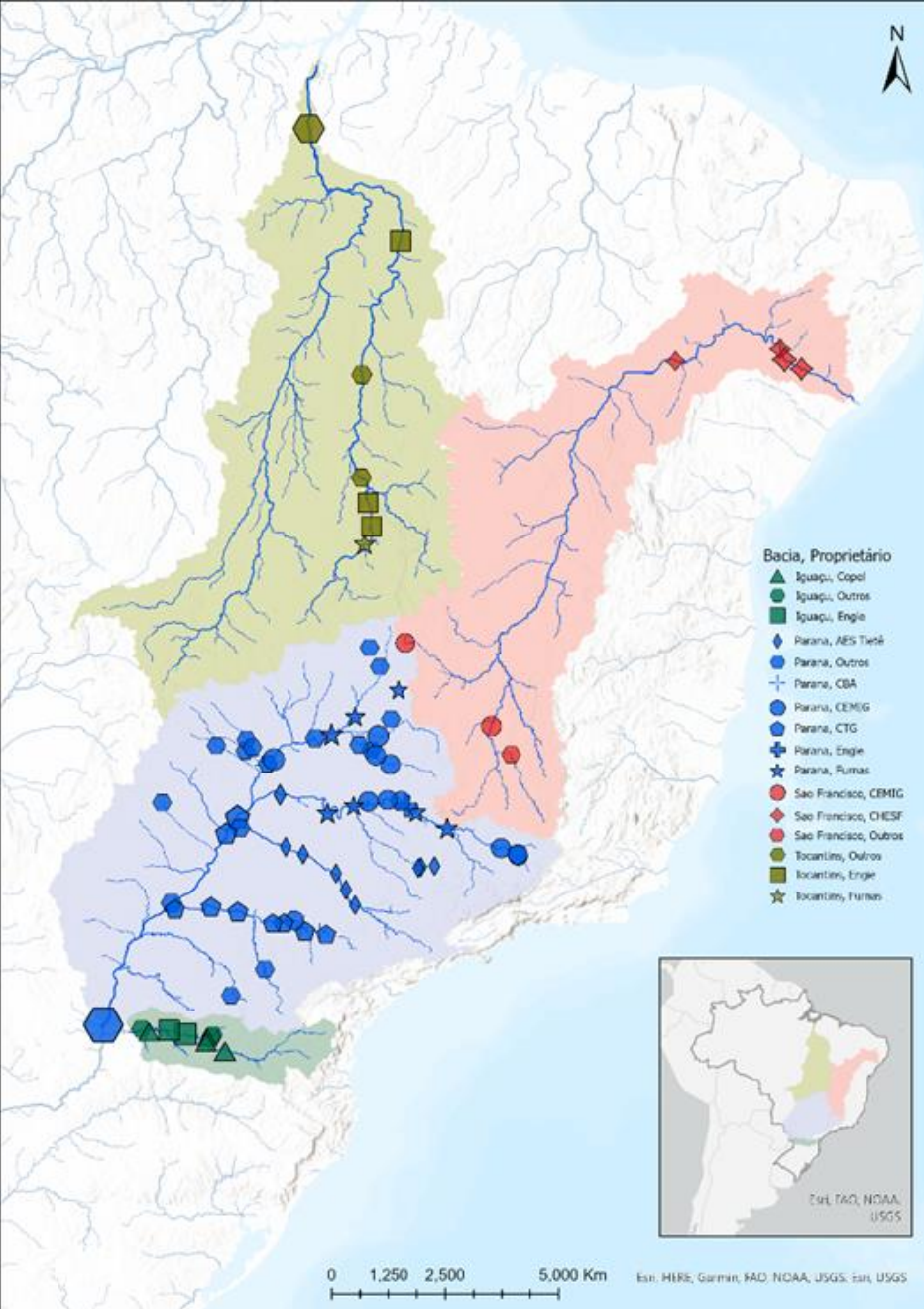
11% da capacidade
8 proprietários

 **Chile**

4% da capacidade
5 proprietários

 **N.Zelândia**

18% da capacidade
2 proprietários



Acionistas majoritários dos consórcios: 1. Aliança Energia; 2. SPIC Brasil; 3. CEB; 4. Neoenergia; 5. COPEL

As soluções “clássicas” não funcionam bem

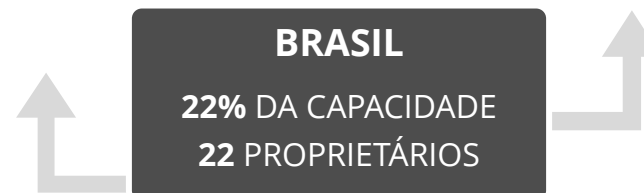


Ignorar a externalidade?

- Implementar um mercado de eletricidade “clássico”, ignorando as cascatas hidrelétricas
- Isto normalmente resultará em uma operação **subótima** da cascata, mesmo em um mercado competitivo (sem poder de mercado)
- O contraponto é que os agentes em uma mesma cascata podem **negociar bilateralmente** para internalizar externalidades (Teorema de Coase)
- Contra-contraponto: o Teorema de Coase exige custos de transação **nulos** – entre 22 agentes (!)

Consórcio controlador da cascata?

- Forçar fusões e aquisições (ou consórcios) para que cada cascata tenha um único controlador
- O agente tomador de decisão “enxerga” a cascata como um todo, ele “internaliza” as externalidades – logo, suas escolhas no mercado competitivo são em linha com a operação ótima
- Porém, exige considerar que um agente controlador da cascata do Paraná não terá poder de mercado (!)



Como funciona o mecanismo de RV?



1. O operador continua a fazer a operação da cascata **física** (decisões $u_i \in \mathcal{U}_i$)
2. Porém, a operação **agregada** do reservatório virtual não está mais sob o controle do operador, e sim dos agentes **ofertantes de reservatório virtual**, que submetem ofertas $w_a \in \mathcal{W}_a$
3. O operador **deve** operar o reservatório virtual como um todo de acordo com a diretriz das ofertas apresentadas, $\sum_a w_a$ – mas pode usar seus próprios critérios para “distribuir” entre hidrelétricas físicas
4. As ofertas w_a são capazes de incorporar **informação descentralizada** sobre o valor da água
5. O “direito de propriedade” é **distribuído** entre os agentes – tende a mitigar poder de mercado

Um exemplo intuitivo (1/5)



Exemplo do problema do operador com um único submercado, sem vertimento



Reservatórios físicos das hidrelétricas (Hm3)			Reservatórios virtuais dos agentes	
 $\rho_1: 2$	 $\rho_2: 4$	 $\rho_3: 1$	 A	 B
40	50	40	120	200
+	+	+	+	+
10	10	30	60	30

Um exemplo intuitivo (2/5)



Após incorporar os ρ , a soma das quantidades físicas e virtuais em cada linha deve ser igual



Reservatórios físicos das hidrelétricas (GWh)			Reservatórios virtuais dos agentes	
 $\rho_1 \div 2$	 $\rho_2 \div 4$	 $\rho_3 \div 1$	 A	 B
80	200	40	120	200
+	+	+	+	+
20	40	30	60	30

Um exemplo intuitivo (3/5)



Ofertas dos agentes definem o turbinamento virtual, que por sua vez é proporcional à receita de venda



Reservatórios físicos das hidrelétricas			Reservatórios virtuais dos agentes	
 $\rho_1 \div 2$	 $\rho_2 \div 4$	 $\rho_3 \div 1$	 A	 B
80	200	40	120	200
+	+	+	+	+
20	40	30	60	30
			-	-
			90	20
			=	=
			90	210

Um exemplo intuitivo (4/5)



O operador do sistema desagrega esse turbinamento virtual em turbinamentos físicos



Reservatórios físicos das hidrelétricas			Reservatórios virtuais dos agentes	
 $\rho_1 \div 2$	 $\rho_2 \div 4$	 $\rho_3 \div 1$	 A	 B
80	200	40	120	200
+	+	+	+	+
20	40	30	60	30
-	-	-	-	-
0	80	30	90	20
=	=	=	=	=
100	160	40	90	210



Um exemplo intuitivo (5/5)



A alocação dos volumes virtuais varia com o tempo (mas não a alocação das afluentes)



Reservatórios físicos das hidrelétricas			Reservatórios virtuais dos agentes	
 $\rho_1 \div 2$	 $\rho_2 \div 4$	 $\rho_3 \div 1$	 A	 B
80	200	40	120	200
+	+	+	+	+
20	40	30	60	30
-	-	-	-	-
0	80	30	90	20
=	=	=	=	=
100	160	40	90	210

META II FORMAÇÃO DE PREÇO



Website :

www.meta2formacaodepreco.com.br



Palestrante
Edvaldo Santana



4.2 Mergulhando nos reservatórios virtuais

Não é suficiente resolver um caso particular!



O sistema hidrelétrico é mais complexo do que isso **na prática** – precisamos endereçar!

Conversão complexa água-energia: $\rho(u, v)$ e cascatas

Compatibilidade com desenho de mercado “clássico”

Particularidades de representação e critério de “desempate”

Reservatórios virtuais que não coincidem com zonas de preço de energia

Compatibilidade com outros tipos de oferta (inclusive hidrelétricas fora do MRE)

Restrições hídricas e responsabilização

Cascatas que cruzam a fronteira de reservatórios virtuais

Compatibilidade com liquidação dupla

Restrições de operação da hidrelétrica física

Tratamento do vertimento

Mecanismo robusto a erros de medição e conciliações

Revisões nos parâmetros do sistema (fator de produção, novas usinas, etc)

Princípios chave



PROBLEMA “HÍBRIDO”

Problema de otimização com dois conjuntos de dados de entrada

FUNÇÕES AUXILIARES

Formas sistemáticas de converter dados físicos em dados de reservatórios virtuais

PAPEIS DA HIDRELÉTRICA

Construção de fluxos financeiros (pós-processamento) com sinais de preço compatíveis

TRANSPARÊNCIA

Regras do jogo precisam estar claras – autonomia dos agentes e riscos do negócio

Problema híbrido

VERSÃO "POR CUSTO"

$$\min_y \sum_{i \in \mathcal{I}} c_i^Y(y_i)$$

$$\sum_{i \in \mathcal{I}} Q_i(y_i) = 0 \quad : \pi$$

$$y_i \in \mathcal{Y}_i \quad \forall i \in \mathcal{I}$$

- Unidades físicas i
- Decisões $y_i \in \mathcal{Y}_i$
- Custo c^Y , produção Q

DETALHES
FÍSICOS

PREFERÊNCIAS
DECLARADAS



VERSÃO "HÍBRIDA"

VERSÃO "POR OFERTA"

$$\min_q \sum_{j \in \mathcal{J}} c_j^Q(q_j)$$

$$\sum_{j \in \mathcal{J}} q_j = 0 \quad : \pi$$

$$q_j \in \mathcal{Q}_j \quad \forall j \in \mathcal{J}$$

- Grupos de oferta j
- Decisões $q_j \in \mathcal{Q}_j$
- Função custo c^Q

Problema híbrido



VERSÃO "POR CUSTO"

$$\min_y \sum_{i \in \mathcal{I}} C_i^Y(y_i)$$

$$\sum_{i \in \mathcal{I}} Q_i(y_i) = 0 \quad : \pi$$

$$y_i \in \mathcal{Y}_i \quad \forall i \in \mathcal{I}$$

- Unidades físicas i
- Decisões $y_i \in \mathcal{Y}_i$
- Custo C^Y , produção Q

VERSÃO "HÍBRIDA"

$$\min_{y, q} \sum_{j \in \mathcal{J}} C_j^Q(q_j) + \underbrace{\epsilon \sum_{i \in \mathcal{I}} C_i^Y(y_i)}_{\text{"desempate"}}$$

$$\sum_{i \in \mathcal{I}} Q_i(y_i) = 0 \quad : \pi$$

$$y_i \in \mathcal{Y}_i \quad \forall i \in \mathcal{I}, \quad q_j \in \mathcal{Q}_j \quad \forall j \in \mathcal{J}$$

$$\sum_{i \in \mathcal{I}(j)} Q_i(y_i) = q_j \quad \forall j \in \mathcal{J}$$

VERSÃO "POR OFERTA"

$$\min_q \sum_{j \in \mathcal{J}} C_j^Q(q_j)$$

$$\sum_{j \in \mathcal{J}} q_j = 0 \quad : \pi$$

$$q_j \in \mathcal{Q}_j \quad \forall j \in \mathcal{J}$$

- Grupos de oferta j
- Decisões $q_j \in \mathcal{Q}_j$
- Função custo C^Q

Problema híbrido: “clássico” VS “RV”



VERSÃO “HÍBRIDA CLÁSSICA”

$$\min_{y, q} \sum_{j \in \mathcal{J}} c_j^Q(q_j) + \epsilon \sum_{i \in \mathcal{I}} c_i^Y(y_i)$$

$$\sum_{i \in \mathcal{I}} Q_i(y_i) = 0 \quad : \pi$$

$$y_i \in \mathcal{Y}_i \quad \forall i \in \mathcal{I}, \quad q_j \in \mathcal{Q}_j \quad \forall j \in \mathcal{J}$$

$$\sum_{i \in \mathcal{I}(j)} Q_i(y_i) = q_j \quad \forall j \in \mathcal{J}$$

VERSÃO “HÍBRIDA RV”

$$\min_{y, w} \sum_{\substack{r \in \mathcal{R} \\ a \in \mathcal{A}(r)}} c_{ra}^W(w_{ra}) + \epsilon \sum_{i \in \mathcal{I}} \tilde{c}_i^Y(y_i)$$

$$\sum_{i \in \mathcal{I}} Q_i(y_i) = 0 \quad : \pi$$

$$y_i \in \mathcal{Y}_i \quad \forall i \in \mathcal{I}, \quad w_a \in \mathcal{W}_a \quad \forall a \in \mathcal{A}$$

$$w_r^0(\{y_i\}_{i \in \mathcal{I}}) = \sum_{a \in \mathcal{A}(r)} w_{ra} \quad \forall r \in \mathcal{R}$$

Problema híbrido: “clássico” VS “RV”



Restrições de **compatibilidade físico-virtual** VS o problema híbrido “clássico”:

- Representa uma agregação de **todos os agentes** atuantes em um reservatório virtual
- Função de agregação W^0 considera **volumes** (diferente da função de produção)
- Função de agregação W^0 considera **cascatas** (“enxerga” **todas** as hidrelétricas)

Versão “híbrida clássica”

$$\sum_{i \in \mathcal{I}(j)} Q_i(y_i) = q_j \quad \forall j \in \mathcal{J}$$

Versão “híbrida RV”

$$W_r^0(\{y_i\}_{i \in \mathcal{I}}) = \sum_{a \in \mathcal{A}(r)} w_{ra} \quad \forall r \in \mathcal{R}$$

Funções auxiliares



As seguintes funções são **suficientes** para descrever totalmente o mecanismo

Descrição da função	Caso simples ($c, \rho, u_{max}, u, a, s$)	Notação	Onde é usada
Função de produção hidrelétrica	$\rho \cdot u$	$Q_i(y_i)$	Subproblema
Função de agregação de volumes	$\rho \cdot v$	$W_r^V(\{y_i\}_{i \in J})$	Subproblema
Função custo de O&M hidrelétrico	$c \cdot \rho \cdot u$	$C_i^Y(y_i)$	Subproblema ($\tilde{C}_i^Y$)
Função desempate	0	$\epsilon \Phi^A(\{y_i\}_{i \in J})$	Subproblema ($\tilde{C}_i^Y$)

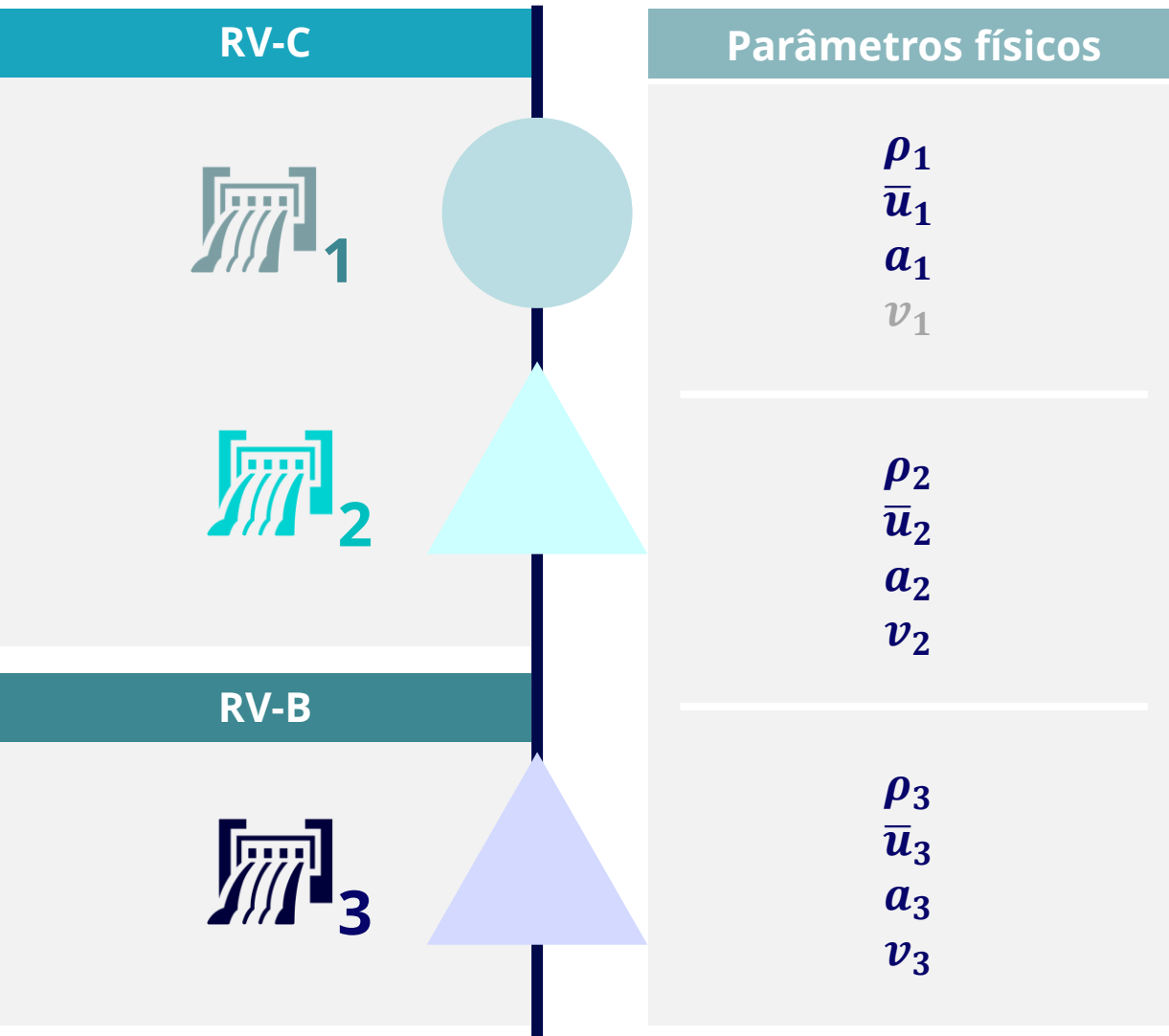
Funções auxiliares



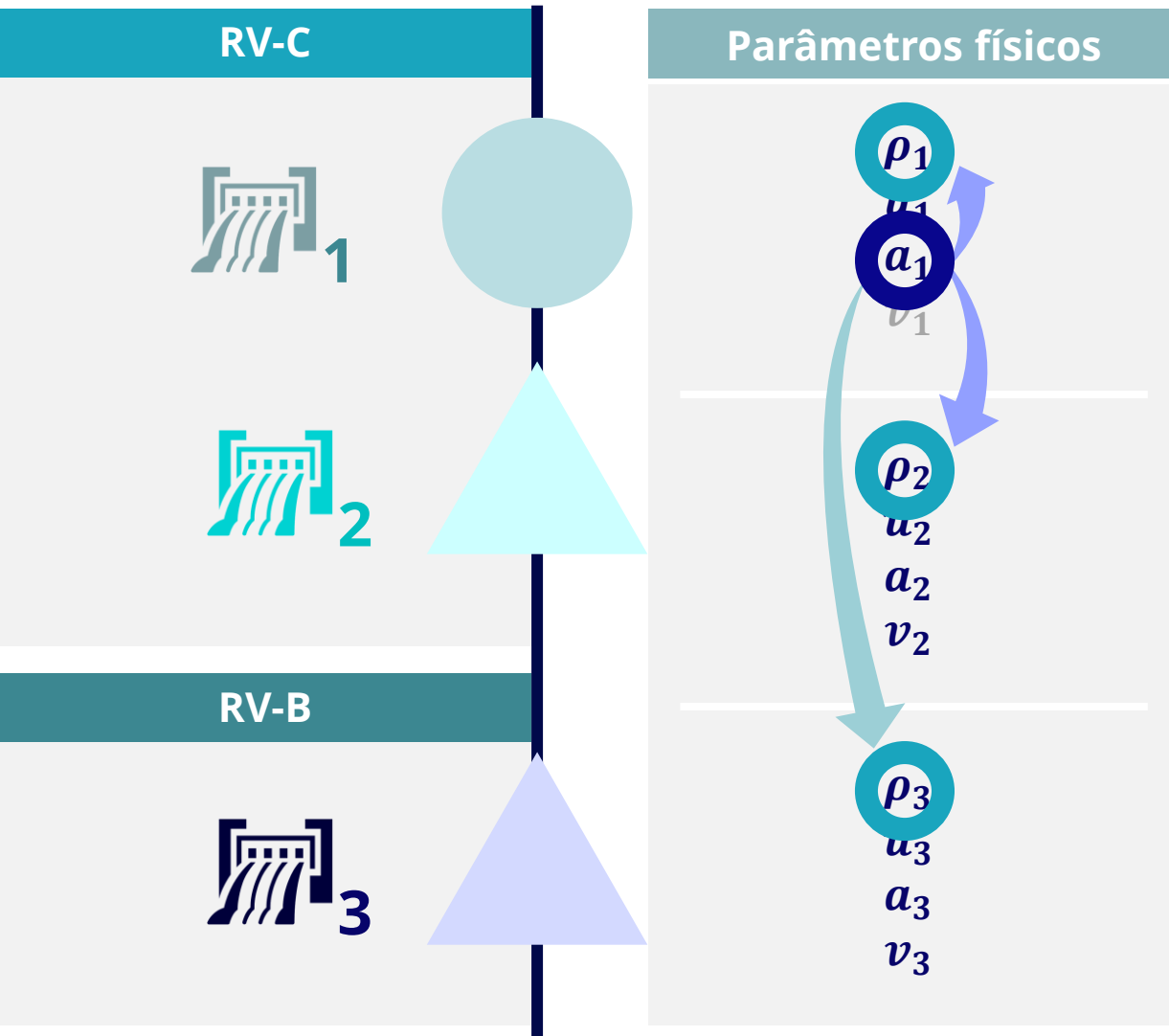
As seguintes funções são **suficientes** para descrever totalmente o mecanismo

Descrição da função	Caso simples ($c, \rho, u_{max}, u, a, s$)	Notação	Onde é usada
Função de produção hidrelétrica	$\rho \cdot u$	$Q_i(y_i)$	Subproblema
Função de agregação de volumes	$\rho \cdot v$	$W_r^V(\{y_i\}_{i \in J})$	Subproblema
Função custo de O&M hidrelétrico	$c \cdot \rho \cdot u$	$C_i^Y(y_i)$	Subproblema ($\tilde{C}_i^Y$)
Função desempate	0	$\epsilon \Phi^A(\{y_i\}_{i \in J})$	Subproblema ($\tilde{C}_i^Y$)
Função energia vertida turbinável	$\rho \cdot (s - (a - \min\{a, u_{max}\}))$	$S_i(y_i)$	Pós-processamento
Função de agregação de afluentes	$\rho \cdot \min\{a, u_{max}\}$	$W_r^A(\{y_i\}_{i \in J})$	Pré-processamento

Funções auxiliares: exemplo

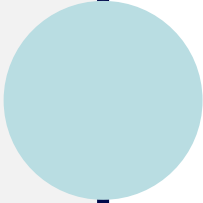
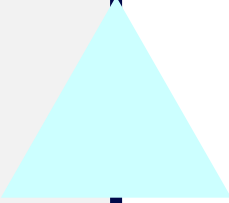
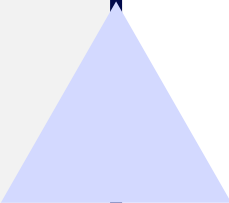


Funções auxiliares: exemplo



Funções auxiliares: exemplo



RV-C		Parâmetros físicos	Volumes virtuais	Afluências virtuais
 ₁		ρ_1 $\bar{u}_1$ a_1 v_1		
 ₂		ρ_2 $\bar{u}_2$ a_2 v_2	v_C^W v_B^W	a_C^W a_B^W
RV-B				
 ₃		ρ_3 $\bar{u}_3$ a_3 v_3		

Papeis da hidrelétrica



COTISTA DE AFLUÊNCIAS

Proporcionalmente às suas
cotas de participação

Assume o **risco hidrológico**
(participação nas afluências)

Receitas em linha com
direitos históricos, **sem
distorcer incentivos**

GESTOR DE CONTA DE RESERVATÓRIO VIRTUAL

Submete ofertas e tem nível
de reservatório virtual
atualizado

Assume o **risco de mercado**
(previsão lucro presente VS
futuro)

Recebe pelas **ofertas aceitas**
e remunera O&M das
hidrelétricas

PROPRIETÁRIO DE HIDRELÉTRICA FÍSICA

Informa o operador sobre
sua curva de produção e
restrições operativas

Assume **risco** apenas em
caso de diferença entre
parâmetros reais e os de
referência

É remunerada pelo seu
custo de O&M e por
aumento de eficiência

Papeis da hidrelétrica



COTISTA DE AFLUÊNCIAS

R^A : componente financeira remanescente

R^H : responsabilização por restrição hídrica

GESTOR DE CONTA DE RESERVATÓRIO VIRTUAL

R^W : proporcional a w , comercialização de RV

R^V : responsabilização por energia vertida turbinável

PROPRIETÁRIO DE HIDRELÉTRICA FÍSICA

R^C : custo de O&M

R^U : bônus de desempenho

Papeis da hidrelétrica



COTISTA DE AFLUÊNCIAS

$$\frac{\gamma_{ra}^A}{\sum_{a \in \mathcal{A}(r)} \gamma_{ra}^A} \cdot \Delta_r$$

$$\frac{\gamma_{ra}^A}{\sum_{a \in \mathcal{A}(r)} \gamma_{ra}^A} \cdot H_k \cdot \xi_k$$

GESTOR DE CONTA DE RESERVATÓRIO VIRTUAL

$$\left[\mu_r - \frac{\sum_{i \in \mathcal{J}^R(r)} C_i^H(y_i)}{\sum_{a \in \mathcal{A}(r)} w_{ra}} \right] \cdot w_{ra}$$

$$-\frac{w_{ra}}{\sum_{a \in \mathcal{A}(r)} w_{ra}} \sum_i \pi_{n(i)} S_i(y_i)$$

PROPRIETÁRIO DE HIDRELÉTRICA FÍSICA

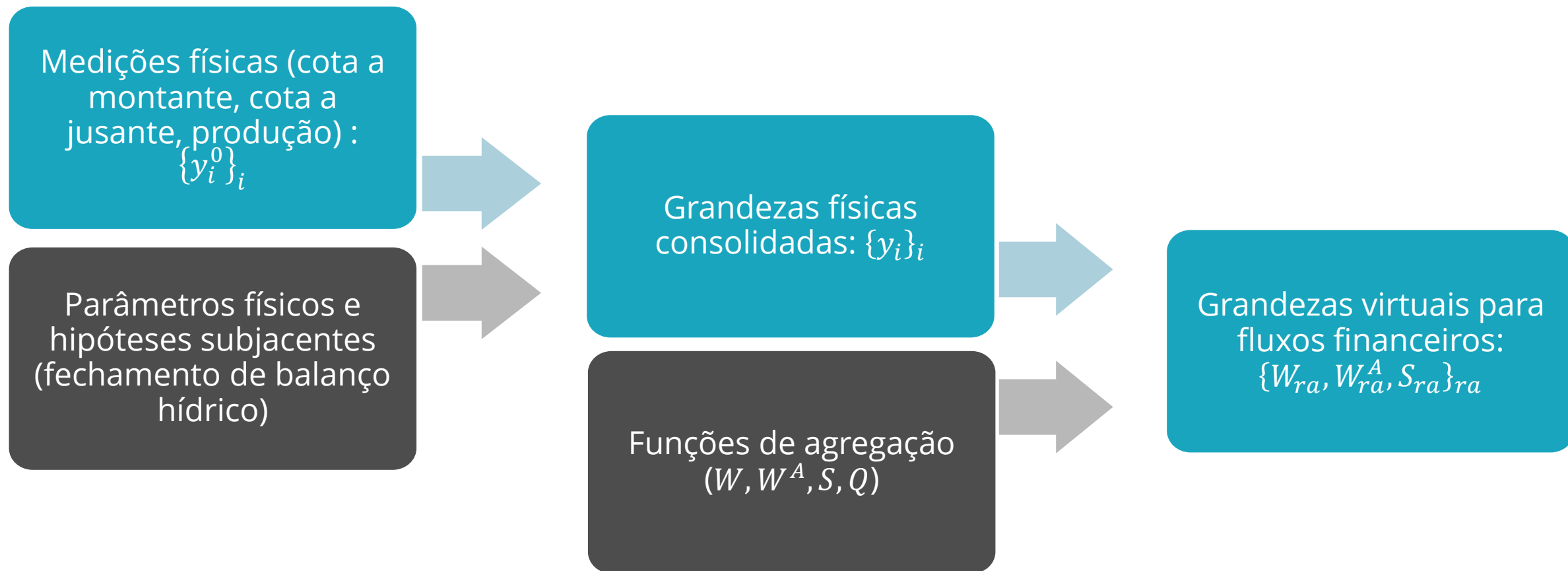
$$C_i^H(y_i)$$

$$\pi_{n(i)} \cdot [q_i - Q_i(y_i)]$$

Transparência: processo de medição



Agentes que aceitarem participar do mecanismo de RV devem entender o **processo** para chegar aos resultados de fluxos financeiros – minimizar espaço para questionamentos



Transparência: função “curva-guia”



Representação dos reservatórios virtuais na **função objetivo**:

$$z = [\text{ofertas de RV}] + [\text{custo de O\&M}] + [\text{"desempate"}]$$

Transparência: função “curva-guia”



Representação dos reservatórios virtuais na **função objetivo**:

$$z = \underbrace{\sum_{\substack{r \in \mathcal{R} \\ a \in \mathcal{A}(r)}} c_{ra}^W(w_{ra})}_{\text{ofertas de RV}} + \underbrace{\sum_{i \in \mathcal{I}^W} c_i^Y(y_i)}_{\text{custo de O\&M}} + \underbrace{\epsilon \cdot \Phi^A(\{y_i\}_{i \in \mathcal{I}^W})}_{\text{"desempate"}}$$

A componente Φ^A em princípio pode ser escolhida livremente pelo operador, **desde que** comunicada de forma transparente

Vale destacar também que as ofertas w_{ra} são **diárias** (é vatanjoso deixar que o operador faça a desagregação intradiária com os y_i)

Transparência, transparência, transparência



PROBLEMA
“HÍBRIDO”

FUNÇÕES
AUXILIARES

PAPEIS DA
HIDRELÉTRICA

TRANSPARÊNCIA

A **transparência** é a diretriz de implementação mais importante – no restante do projeto, vamos continuar a explorar **qualitativamente** e **quantitativamente** a proposta.

Apresentamos as principais componentes que tornam a proposta de reservatório virtual algo **robusto** e de ampla aplicabilidade.

O mecanismo é **compatível** com tudo o que foi apresentado nos blocos anteriores deste workshop:

- Ofertas “tradicionais” convivem com ofertas de reservatório virtual
- O fluxo financeiro agregado não depende de quais hidrelétricas estão dentro ou fora do mecanismo de RV: $\pi \cdot \sum_{i \in J} Q_i(u_i)$
- A liquidação dupla permanece aplicável (afluências previstas no dia seguinte + medições ex post de geração e afluência)

META II FORMAÇÃO DE PREÇO



Website :

www.meta2formacaodepreco.com.br



Palestrante
Gabriel Cunha