

UNIVERSIDADE FEDERAL DE BRASÍLIA
FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO, CONTABILIDADE E ECONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA

LUCAS SANTOS E SILVA

**Dois estudos em Teoria dos Leilões:
Licitações e Desenho de um Mecanismo Competitivo para acesso
ao Sistema Interligado Nacional (SIN)**

Brasília - DF

Abril de 2023

LUCAS SANTOS E SILVA

**Dois estudos em Teoria dos Leilões:
Licitações e Desenho de um Mecanismo Competitivo para acesso
ao Sistema Interligado Nacional (SIN)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Economia da Universidade de Brasília como requisito para obtenção do título de Mestre em Economia.

Orientador: Prof. Mauricio Soares Bugarin

Brasília - DF

Abril de 2023

Ficha Catalográfica

Dissertação de autoria de Lucas Santos e Silva, sob o título **Dois estudos em Teoria dos Leilões: Licitações e Desenho de um Mecanismo Competitivo para acesso ao Sistema Interligado Nacional (SIN)**, apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Economia da Universidade de Brasília como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Economia.

Aprovada em 19 de Abril de 2023 pela Comissão Examinadora formada por:

Prof. Mauricio Soares Bugarin
ECO/UnB – Orientador

Prof. José Guilherme de Lara Resende
ECO/UnB – Membro

Thiago Guilherme Ferreira Prado
MME – Membro

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço ao professor Mauricio Soares Bugarin, pela amizade, suporte e dedicação ao longo de todo o curso e período de orientação.

Aos membros da banca, professor José Guilherme de Lara Resende e Thiago Guilherme Ferreira Prado, cujo enorme apoio a esse trabalho foi muito importante em seus dois ambientes de realização (UnB e MME).

Aos colegas do MME e ONS que, de alguma forma, estiveram envolvidos nas atividades relacionadas ao PCM, em especial à Marina Rossi, Laércio Guedes, Isabela Vieira e Frederico Teles.

À Lívia e Gabriel, que além do habitual amor e carinho, contribuíram também com uma inesgotável fonte de paciência e compreensão frente às longas horas dispendidas nessa dissertação e ao recorrente mau humor nos períodos em que nada parecia dar certo.

À Lívia deixo ainda um segundo agradecimento, por ter sido a responsável por chamar minha atenção para o problema de acesso ao SIN.

À minha mãe, Sandra, que nos períodos de maior aperto sempre esteve disponível para vir à Brasília e ajudar com o que fosse possível.

E, por fim, aos demais familiares, amigos e colegas, que ao estarem presentes no decorrer dos últimos anos, foram fundamentais para a continuidade e conclusão deste trabalho.

“Eppur si muove”
(Galileo di Vincenzo Bonaiti de Galilei)

Abstract

This master's thesis is composed of two different works related to Auction Theory. The first work presents, from a procurement auction perspective, the main models and results of auction theory. Although procurement auction theory is, fundamentally, a reinterpretation of the traditional auction theory, with the existence of an equivalence between the equilibrium obtained in each of them, usually the treatment of procurement processes is not directly approached in the literature. By offering the results for procurement auctions in a direct and detailed way, thus making them accessible to the interested public, the contribution of this first part has, therefore, an important didactic value. The second work was motivated by ongoing transformations in the Brazilian Power Sector, in which a scenario of great competition for the transport capacity of the National Interconnected System (SIN) was established, characterizing it as a scarce resource and making the queue criterion currently used for allocating the remaining margins inadequate. To accommodate the new reality of the sector, in which the adoption of a competitive mechanism for contracting the flow margin becomes primordial, a proposal for granting access to the transmission system using auctions was developed. Although this kind of solution has been conceptually approached in some previous works or diagnoses, this work innovates by presenting, in addition to an initial proposition, a complete solution, fully grounded in the auction theory. As a main result, it is proposed the implementation of a new procedure, called Flow Margin Auction, based on an open ascending form, with all the years of the Extensions and Reinforcements Plan (PAR) being auctioned sequentially, and with participants being able to compete on any preferred bus of their choice.

Key Words: Auction Theory, Procurements Auctions, Mechanism Design, Brazilian Power Sector, National Interconnected System, Flow Margin Auction.

JEL Codes: D44, K32, L49, N76

Resumo

Esta dissertação é composta por dois trabalhos distintos relacionados à Teoria dos Leilões. O primeiro trabalho apresenta, sob uma ótica de licitações, os principais modelos e resultados obtidos a partir da teoria dos leilões. Ainda que a teoria das licitações seja, fundamentalmente, uma releitura da teoria tradicional dos leilões, com a existência de uma equivalência entre os equilíbrios obtidos a partir de cada uma das perspectivas, usualmente o tratamento para licitações não costuma ser abordado de maneira individualizada na literatura de referência. Ao oferecer os resultados para licitações de forma direta e detalhada, tornando-os assim, acessíveis ao público interessado, a contribuição dessa primeira parte da dissertação possui, portanto, um importante valor didático. O segundo trabalho foi motivado por transformações em curso no setor elétrico brasileiro, no qual se estabeleceu um quadro de grande competição pela capacidade de transporte do Sistema Interligado Nacional (SIN), caracterizando-a como um recurso escasso e tornando inadequado o critério de fila atualmente utilizado para alocação das margens remanescentes. De forma a acomodar a nova realidade do setor, em que a adoção de um mecanismo competitivo para contratação da margem de escoamento se torna fundamental, desenvolveu-se uma proposta para a concessão de acesso ao sistema de transmissão baseada na utilização de leilões. Ainda que esse tipo de solução tenha sido abordado conceitualmente em algumas sugestões ou diagnósticos anteriores, este trabalho inova ao apresentar, para além de uma proposição inicial, uma solução completa e devidamente fundamentada na teoria dos leilões. Como principal resultado, ao final propõe-se a implementação de um novo procedimento, denominado Leilão de Margem de Escoamento, baseado em um formato aberto ascendente, com todos os anos do horizonte de referência do Plano de Ampliações e Reforços (PAR) sendo disponibilizados sequencialmente e com os participantes podendo concorrer em qualquer barramento preferencial de sua escolha.

Palavras-Chave: Teoria dos Leilões, Licitações, Desenho de Mecanismos, Setor Elétrico Brasileiro, Sistema Interligado Nacional, Leilão de Margem de Escoamento.

Códigos JEL: D44, K32, L49, N76

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Equivalência entre os formatos abertos e selados dos Leilões Tradicionais	20
Figura 2 – Extensões e equivalências entre os formatos de licitações	70
Figura 3 – Linha do Tempo: Desenvolvimento do Setor Elétrico Brasileiro.....	101
Figura 4 – Geração de Eletricidade por Fonte (GWh), Brasil 1990-2020	103
Figura 5 – Geração de Eletricidade por Fonte (%), Brasil 1990-2020	104
Figura 6 – Leilões adotados por alguns países conforme objetivos e estágio de desenvolvimento do mercado.....	114
Figura 7 – Leilões adotados por alguns países conforme estruturas de contratação	114
Figura 8 – Tipos de leilão de acordo com o prazo para início de fornecimento	117
Figura 9 – Características dos Leilões de Energia em diversos países	118
Figura 10 – Unidades Liberadas para Operação Comercial (Brasil, 1997-2022)	121
Figura 11 – Unidades Liberadas para Operação Comercial – UFV e EOL (Brasil, 1997-2022)	121
Figura 12 – Expansão da MMGD Solar Fotovoltaica	122
Figura 13 – Matriz Elétrica Brasileira (Capacidade Instalada por Fonte)	123
Figura 14 – Média Ponderada Global para Custos Totais, Fatores de Capacidade e LCOE (Levelized Cost of Energy), 2010-2021	124
Figura 15 – Média Ponderada Global para LCOE (Levelized Cost of Energy) por Fontes Renováveis, 2010-2021.....	124
Figura 16 – Número de solicitações de Informação de Acesso (por tipo de Fonte)	127
Figura 17 – DROs emitidos a partir de 2015 (por tipo de Fonte).....	128
Figura 18 – Atos de outorga de geração emitidos a partir de 2015 (por tipo de Fonte)	128
Figura 19 – Capacidade instalada prevista, no cenário de referência, para 2031... ..	130
Figura 20 – Atos de outorga de geração emitidos a partir de 2015 (por tipo de Fonte)	164
Figura 21 – Oferta de Geração x Oferta de Margem.....	165
Figura 22 – Exemplo de situação com restrições de Área e Subárea.....	218
Figura 23 – Margem Residual por Barramento	227

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resumo da Análise para as Alternativas de Lances	154
Tabela 2 – Barramentos Habilitados e Quantidade de Leilões por Subsistema do SIN	258
Tabela 3 – Barramentos Habilitados e Quantidade de Leilões por Estado do SIN .	259

SIGLAS E ABREVIATURAS

ACL	Ambiente de Contratação Livre
ACR	Ambiente de Contratação Regulada
AMFORP	American and Foreign Power Company
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
CANAMBRA	Canambra Engineering Consultant Limited
CCEAR	Contrato de Compra de Energia no Ambiente Regulado
CCEE	Câmara de Comercialização de Energia Elétrica
CCT	Contrato de Conexão
CHESF	Companhia Hidrelétrica do São Francisco
CMSE	Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico
CNPE	Conselho Nacional de Política Energética
CNAEE	Conselho Nacional de Águas e Energia Elétrica
CP	Consulta Pública
CUST	Contrato de Uso do Sistema de Transmissão
DIT	Demais Instalações de Transmissão
ELETROBRAS	Centrais Elétricas Brasileiras S.A.
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
EUST	Encargo de Uso do Sistema de Transmissão
FCC	Federal Communication Commission
ICG	Instalações de Transmissão de interesse exclusivo de Centrais de Geração para Conexão Compartilhada
IEA	International Energy Agency
MAE	Mercado Atacadista de Energia Elétrica
MME	Ministério de Minas e Energia
MUST	Montante de Uso do Sistema de Transmissão
ONS	Operador Nacional do Sistema Elétrico
PAR	Plano de Ampliações e Reforços
PDE	Plano Decenal de Expansão de Energia
PEL	Plano da Operação Elétrica
RAP	Receita Anual Permitida
RB	Rede Básica do SIN

SEB	Sistema Elétrico Brasileiro
SIN	Sistema Interligado Nacional
TUSD	Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição
TUST	Tarifa de Uso do Sistema de Transmissão

SUMÁRIO

PARTE I: LICITAÇÕES	16
1. Introdução	17
2. Leilões	18
3. Licitações	22
3.1 Formatos Tradicionais.....	22
3.2 Modelo Básico	23
3.3 Licitação Selada de Segundo Menor Preço	24
3.4 Licitação Aberta Descendente	29
3.5 Licitação Selada de Menor Preço	29
3.6 Licitação Aberta Ascendente	38
3.7 Comparação entre Pagamentos Esperados	38
3.8 Preço de Reserva	41
3.9 Assimetria entre os Participantes.....	52
4. Licitações Multi-Unidades.....	59
4.1 Licitações Multi-Unidades Seladas	59
4.2 Licitações Multi-Unidades Abertas.....	65
4.3 Equilíbrio e Eficiência.....	70
4.4 Pagamento Esperado do Leiloeiro.....	94
5. Conclusões.....	96
PARTE II: DESENHO DE UM MECANISMO COMPETITIVO PARA ACESSO AO SISTEMA INTERLIGADO NACIONAL (SIN).....	97
6. Introdução	98
7. Setor Elétrico Brasileiro	100
7.1 Um breve histórico: das primeiras Usinas Hidrelétricas aos Leilões de Energia	100
7.2 Os Leilões no Setor de Energia	112

8.	O Problema de Acesso ao Sistema Interligado Nacional	121
8.1	A expansão das fontes renováveis e a corrida por outorgas decorrente da Lei nº 14.120 de 2021	121
8.2	Caracterização do Problema.....	130
9.	Teoria dos Leilões	133
9.1	Modelo Básico	133
9.2	Principais Formatos e Resultados	134
10.	Os Fundamentos da Opção por um Mecanismo Competitivo	137
10.1	Processos Administrativos (ou <i>Beauty Contests</i>)	137
10.2	Loterias	139
10.3	Filas (Ordem Cronológica).....	139
10.4	Mecanismos Competitivos (Leilões)	141
11.	Mecanismo Competitivo para Acesso ao SIN	145
11.1	Principais Objetivos	146
11.2	Critério de Seleção	147
11.3	Formato do Leilão.....	156
11.4	Sistemática do Leilão.....	185
11.5	Características Adicionais	228
12.	Conclusões Finais	236
12.1	Próximos Passos	237
12.2	Análises Futuras	238
12.3	Lições Aprendidas	239
	PARTE III: REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS, APÊNDICES E ANEXOS	242
13.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	243
14.	APÊNDICES	252
14.1	Estatísticas de Segunda Menor Ordem	252
14.2	Dominância Estocástica de Primeira Ordem (<i>First-Order Stochastic Dominance</i>)	254

14.3	Dominância Estocástica em termos de Hazard Rate (<i>Hazard Rate Dominance</i>)	254
14.4	Estatísticas de Primeira e Segunda Ordem	255
14.5	Maldição do Vencedor (<i>Winner's Curse</i>)	257
14.6	Análise de Referência para Estimativa do Tempo de Duração do Procedimento.....	258
15.	ANEXOS	260
15.1	Minuta Interna SPE.....	260
15.2	Nota Técnica Nº 5/2002/SPE.....	271
15.3	Portaria Nº 716/GM/MME	281
15.4	Declaração MME (Sistemática PCM)	283

PARTE I: LICITAÇÕES

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento deste trabalho foi inicialmente motivado por Bugarin e Portugal (2022), que abordam a teoria dos leilões sob uma ótica de licitações para analisar alterações estabelecidas pela Lei nº 14.133, de 1º de Abril de 2021 (a chamada Lei de Licitações e Contratos Administrativos).

Ainda que a teoria das licitações seja, fundamentalmente, uma releitura da teoria tradicional dos leilões, com a existência de uma equivalência entre os equilíbrios obtidos a partir de cada uma das perspectivas, usualmente o tratamento para licitações não costuma ser abordado de maneira individualizada na literatura de referência.

Por esse motivo, apesar da disponibilidade das referências usuais para leilões, ou mesmo trabalhos que se dedicam a traduzir os resultados entre as duas teorias como, por exemplo, De Castro e De Frutos (2010), a derivação e exposição dos resultados para licitações de forma explícita e detalhada, ao torná-los diretamente acessíveis ao público interessado, possui um importante valor didático.

Desta maneira, em uma tentativa de ampliar o desenvolvimento teórico realizado em Bugarin e Portugal (2022), esse trabalho apresenta, sob a ótica de licitações, os principais modelos e resultados obtidos a partir da teoria dos leilões, incluindo àqueles referentes a licitações de múltiplas unidades. A maior parte do desenvolvimento apresentado se baseia em Krishna (2010), com outras fontes, consultadas para itens específicos, sendo citadas ao longo do texto.¹

Além desta introdução, o trabalho está organizado como descrito a seguir. O Capítulo 2 apresenta uma breve revisão da teoria dos leilões, destacando seus principais formatos, modelos, equivalências e resultados. O Capítulo 3 aborda o modelo básico para licitações de uma única unidade. O Capítulo 4 expande o modelo de uma única unidade para os casos de múltiplas unidades. E, finalmente, o Capítulo 5 apresenta as conclusões finais do trabalho.

¹ O desenvolvimento apresentado utiliza diversos conceitos de teoria dos jogos. Um maior detalhamento sobre esses tópicos pode ser encontrado em Gibbons (1992) e Myerson (1991), sendo estas as principais referências para o tema adotadas por este trabalho.

2. LEILÕES

Leilões são mecanismos para a alocação de bens, baseados em competição, e definidos a partir de critérios e regras previamente especificados, cujo conhecimento prévio deve ser comum a todos os participantes. Normalmente são utilizados na venda de mercadorias ou serviços, principalmente em cenários em que estes são pouco transacionados (ou não possuem um mercado em pleno funcionamento) ou em ambientes caracterizados por assimetrias de informação, nos quais se observa um certo grau de desconhecimento em relação à demanda, com os vendedores possuindo incertezas quanto aos valores atribuídos aos bens pelos agentes interessados.

Ainda que essa definição, de início, se mostre bastante ampla, conforme destacado em Krishna (2010), podemos de antemão estabelecer mais alguns atributos característicos desses mecanismos:

- Revelam informações dos potenciais participantes, usualmente na forma de lances, e determinam as alocações resultantes com base apenas nessas informações;
- São mecanismos universais, no sentido de que podem ser utilizados para vender (ou comprar) qualquer tipo de bem;
- São mecanismos anônimos, nos quais a identidade dos participantes não possui qualquer papel na determinação dos resultados e valores a serem pagos.

Conforme Shubik (1983) *apud* Klemperer (1999), leilões são adotados desde a antiguidade, com seu uso remontado aos idos do Império Romano e da Babilônia². A venda do próprio Império Romano pela Guarda Pretoriana, no ano de 193 d.C., através de um leilão ascendente envolvendo *Marcus Didius Severus Julianus* e *Titus Flavius Claudius Sulpicianus*, com o primeiro se sagrando vencedor, consiste, provavelmente, no exemplo mais famoso dessa utilização em tempos antigos.³

No entanto, a abordagem do tema sob o ponto de vista da teoria econômica e, mais precisamente, a análise destes mecanismos a partir da teoria dos jogos (como Jogos de Informação Incompleta), tem origem em Vickrey (1961).

² Krishna (2010) aponta relato de Heródoto mencionando o uso de leilões nos idos de 500 a.C..

³ Ver Klemperer (1999), McMillan (2004) e Krishna (2010). Segundo Gibbon (1946) *apud* McMillan (2004), após o assassinato do imperador *Publius Helvius Pertinax*, a Guarda Pretoriana teria proclamado que “o mundo romano deveria ser vendido pelo maior lance em um leilão público”.

Desde então a literatura relacionada ao tópico cresceu de forma significativa, assim como o número de aplicações para o qual esse tipo de mecanismo passou a ser utilizado, com destaque para o uso na concessão de faixas do espectro eletromagnético para telecomunicações⁴, na venda de títulos do tesouro⁵, em processos de privatizações⁶ e concessões⁷ em geral, nos sites de leilões digitais (eBay, Mercado Livre, etc.), em compras governamentais (sob a forma de licitações)⁸ e, por fim, na liberalização de diversos setores de infraestrutura, com destaque para o setor de energia⁹, abordado na segunda parte deste trabalho.

Em sua aplicação mais usual, tem-se uma situação em que um agente (leiloeiro) deseja vender, por meio de lances competitivos, um determinado bem para os agentes (participantes) que, porventura, estejam interessados. Nesta situação, os quatro formatos tradicionais de leilões são¹⁰:

i. Leilão Selado de Primeiro Preço

Neste formato, sem observar o lance dos demais competidores, cada participante faz um lance secreto (e.g. entrega um envelope selado) informando o maior valor que está disposto a pagar pelo bem. O vencedor é aquele que fizer o maior lance e o pagamento a ser realizado corresponde ao valor do seu próprio lance.

ii. Leilão Selado de Segundo Preço

Adota sistemática idêntica ao Leilão Selado de Primeiro Preço, entretanto, o pagamento a ser realizado pelo vencedor corresponde ao valor do segundo maior lance.

iii. Leilão Inglês (ou Leilão Aberto Ascendente)

No Leilão Inglês, ou Leilão Aberto Ascendente, o leiloeiro inicia o certame estabelecendo um preço suficientemente baixo e então vai aumentando o valor gradualmente, até que reste apenas um participante. Esse último participante será o vencedor do certame e realizará pagamento equivalente

⁴ Ver McMillan (1995), McAfee e McMillan (1996), Binmore e Klemperer (2002) e Klemperer (2002b).

⁵ Ver Bikhchandani e Huang (1993) e Klemperer (1999).

⁶ Ver Maskin (1992).

⁷ Ver Bugarin e Ribeiro (2021).

⁸ Ver Bugarin e Portugal (2022).

⁹ Ver Maurer e Barroso (2011) e Cramton (2017).

¹⁰ Para todos os formatos descritos deve-se considerar as devidas randomizações no caso de empates.

ao preço final anunciado pelo leiloeiro (ou seja, o valor que levou à desistência do penúltimo participante).

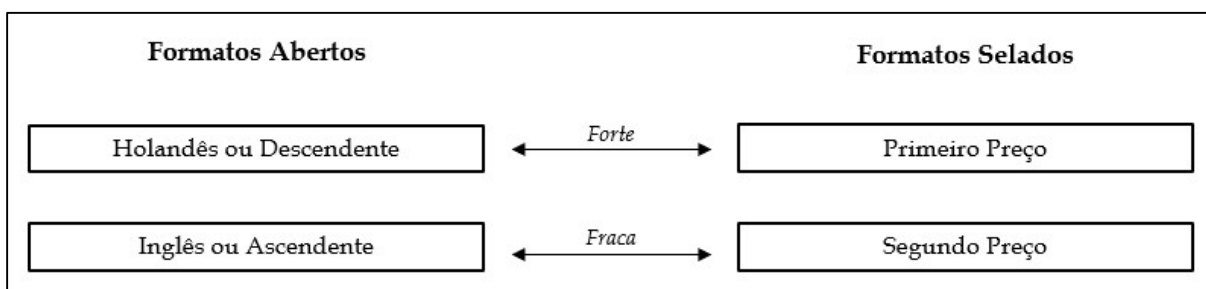
iv. Leilão Holandês (ou Leilão Aberto Descendente)

Formato similar ao Leilão Inglês, mas com uma sistemática invertida, na qual o leiloeiro inicia o certame estabelecendo um preço suficientemente alto (de forma que ninguém tenha interesse em adquirir o bem a tal valor). Na sequência, o leiloeiro vai reduzindo o preço gradualmente, até que um primeiro participante manifeste sua intenção de realizar a transação, sendo este o vencedor do certame, que efetuará pagamento equivalente ao preço corrente.

Os dois primeiros formatos acima descritos, dada a característica dos participantes não observarem o comportamento de seus concorrentes, são denominados “fechados”, enquanto os dois últimos, pelo motivo oposto, são denominados “abertos”.

Cabe também destacar que existe uma equivalência estratégica¹¹ entre os formatos apresentados, conforme indicado na Figura 1, com o Leilão Selado de Primeiro Preço sendo fortemente equivalente ao Leilão Holandês e o Leilão Selado de Segundo Preço sendo fracamente equivalente ao Leilão Inglês (o termo “fracamente” deve-se aos dois formatos não serem estrategicamente equivalentes no sentido mais geral, valendo a equivalência apenas em algumas situações particulares, mais especificamente, em situações de valores privados).

Figura 1 – Equivalência entre os formatos abertos e selados dos Leilões Tradicionais



Fonte: Adaptado de Krishna (2010)

¹¹ Conforme Luce e Raiffa (1957), a ideia de equivalência estratégica entre dois jogos consiste na característica de ambos proporcionarem as mesmas considerações estratégicas por parte dos jogadores envolvidos e, conseqüentemente, os mesmos resultados. Ou seja, no caso dos leilões indicados, para cada estratégia em um dos formatos, existirá uma estratégia análoga no formato estrategicamente equivalente.

Como modelo básico de referência, a teoria dos leilões adota uma estrutura baseada em valores privados, independentes e simétricos¹², na qual um leiloeiro neutro ao risco deseja vender, para participantes também neutros ao risco e sem restrições orçamentárias, uma única unidade de um bem indivisível.

Sob tal perspectiva, são obtidos aqueles que podem ser considerados como os resultados fundamentais da teoria dos leilões: o Princípio da Equivalência de Receitas¹³ e o fornecimento de alocações eficientes¹⁴.

O primeiro estabelece que, considerando as hipóteses adotadas para o modelo de referência, os quatro formatos tradicionais de leilões fornecem a mesma receita esperada para o leiloeiro. Já o segundo nos indica que, também sob as premissas do modelo de referência, todos os formatos tradicionais de leilões são eficientes.¹⁵

Por fim, partindo do modelo básico, a flexibilização das premissas iniciais permite incluir várias fricções que podem ser relevantes em casos específicos, dentre as quais destacamos as seguintes: aversão ao risco, restrições de orçamento, assimetria entre participantes, valores interdependentes e múltiplas unidades. Nestes casos, os resultados fundamentais acima explicitados não necessariamente continuam válidos, portanto, deve-se ter cuidado com extrapolações imediatas fundamentadas nos resultados no modelo de referência (as particularidades de cada aplicação devem sempre ser analisadas caso a caso).

¹² Maior detalhamento sobre as premissas desse modelo será apresentado na Seção 3.2, portanto, nos furtamos de maiores caracterizações neste momento.

¹³ Ver Riley e Samuelson (1981).

¹⁴ No sentido de que o bem será destinado ao participante que lhe atribui maior valor.

¹⁵ Estes resultados fundamentais não se restringem apenas os quatro formatos tradicionais e, sob certas condições, podem ser estendidos a formatos mais incomuns, como os *all-pay auctions*, em que o vencedor é determinado pelo maior lance, mas todos os competidores pagam os lances que realizaram.

3. LICITAÇÕES

Licitações (ou Leilões Reversos) são processos de aquisição via lances competitivos em que temos, de um lado, um agente (leiloeiro ou comprador) que deseja adquirir um determinado bem (ou bens) pelo menor preço possível e, de outro, ofertantes (participantes) que competem pelo fornecimento deste bem (ou bens).

Dada a descrição acima, fica clara a semelhança entre as licitações e os leilões, sendo que a teoria das licitações pode ser interpretada, essencialmente, como uma releitura invertida da teoria tradicional dos leilões, guardando importante equivalência estratégica com esta última.

Desta forma, é possível utilizar o arcabouço desenvolvido na teoria dos leilões para derivar, de forma explícita e detalhada, os principais formatos, modelos e resultados para a teoria das licitações, algo que, como mencionado anteriormente, não costuma ser apresentado na literatura de referência da área.

3.1 FORMATOS TRADICIONAIS

Considerando a equivalência estratégica entre as duas teorias, cada um dos formatos tradicionais de leilão previamente apresentados possui um formato equivalente para licitações, conforme detalhado na sequência.¹⁶

i. Licitação Selada de Menor Preço

Neste formato, sem observar o lance dos demais competidores, cada participante faz um lance secreto informando o menor valor que está disposto a receber pelo fornecimento do bem. O vencedor é aquele que fizer o menor lance (ofertar o bem pelo menor preço) e o pagamento a ser recebido corresponde ao valor do seu próprio lance. Ou seja, trata-se da licitação equivalente ao Leilão Selado de Primeiro Preço.

ii. Licitação Selada de Segundo Menor Preço

Adota sistemática idêntica à Licitação Selada de Menor Preço, entretanto, o pagamento a ser recebido pelo vencedor corresponde ao valor do segundo menor lance. Trata-se, portanto, do modelo de licitação associado ao Leilão Selado de Segundo Preço.

¹⁶ Assim como mencionado anteriormente para os formatos de leilões, para todos estes formatos de licitações deve-se considerar as devidas randomizações no caso de empates.

iii. Licitação Aberta Descendente (ou Licitação Inglesa)

Na Licitação Aberta Descendente, o leiloeiro inicia o certame estabelecendo um preço suficientemente elevado, de forma que todos os participantes tenham interesse em fornecer o bem a esse preço. O leiloeiro vai então reduzindo o valor gradualmente, sendo que a cada redução os participantes que continuam tendo interesse no fornecimento sinalizam essa intenção (conforme os preços reduzem, naturalmente, o número de participantes disposto a fornecer o bem diminui). A licitação segue dessa maneira até que reste apenas um participante, sendo este o vencedor do processo, que receberá como pagamento o último preço anunciado pelo leiloeiro (ou seja, o valor que levou à desistência do penúltimo participante). Trata-se da licitação equivalente ao Leilão Inglês (ou Leilão Aberto Ascendente).

iv. Licitação Aberta Ascendente (ou Licitação Holandesa)

Formato similar à Licitação Aberta Descendente, mas com uma sistemática invertida, na qual o leiloeiro inicia o certame estabelecendo um preço suficientemente baixo, de forma que nenhum participante tenha interesse em fornecer o bem a esse preço. Na sequência, o leiloeiro vai então aumentando o preço gradualmente, até que algum participante manifeste o interesse em fornecer o bem ao preço corrente, sendo este o vencedor do certame, que receberá como pagamento o último valor anunciado pelo leiloeiro. Trata-se, portanto, do modelo de licitação associado ao Leilão Holandês (ou Leilão Aberto Descendente).

3.2 MODELO BÁSICO

Como modelo básico de referência adotaremos uma construção baseada em valores privados, independentes e simétricos, em que um comprador neutro ao risco (leiloeiro) e sem restrições de orçamento deseja comprar um bem indivisível de N possíveis vendedores neutros ao risco (participantes).

Cada participante i possui um custo x_i para fornecer o bem, sendo esse custo modelado pela variável aleatória X_i distribuída no intervalo $[\underline{\omega}_i, \bar{\omega}_i] \in \mathbb{R}_+$ com função distribuição de probabilidade F_i e função densidade de probabilidade f_i .

Podemos interpretar a distribuição F_i como a descrição dos possíveis custos do participante i de uma perspectiva *ex-ante* (ou seja, antes dele conhecer ao certo suas especificidades).

As premissas fundamentais do modelo básico de referência são as seguintes:

i. Valores Independentes

Cada participante possui sua própria distribuição F_i e cada uma destas distribuições é estatisticamente independente das demais.

ii. Valores Privados

O conhecimento dos valores (custos) dos outros participantes não afeta um participante em particular (ou seja, a informação privada de cada participante é suficiente na determinação de seu custo).

iii. Valores Simétricos

Todos os participantes são *ex-ante* idênticos, o que se traduz em supor:

$$\underline{\omega}_i = \underline{\omega} \quad \forall i$$

$$\bar{\omega}_i = \bar{\omega} \quad \forall i$$

$$F_i = F \quad \forall i$$

As premissas de independência e simetria fazem com que cada realização de x_i seja uma retirada independente da mesma distribuição F .

Adicionalmente, consideramos ainda que a função densidade de probabilidade, assim como o número de participantes N , são de conhecimento comum de todos os envolvidos, e que cada participante desconhece a realização de custos dos demais competidores.

Por fim, postula-se que F admite função densidade de probabilidade contínua f com *suporte pleno* ($f(x) > 0, \forall x \in \Omega$).

3.3 LICITAÇÃO SELADA DE SEGUNDO MENOR PREÇO

A Licitação Selada de Segundo Menor Preço pode ser descrita através de um jogo estático com informação incompleta (ou jogo estático Bayesiano¹⁷) definido por:

$$J = (N, (T_i)_{i \in N}, p, (A_i)_{i \in N}, (u_i)_{i \in N})$$

em que:

N : Número de jogadores;

$T_i = [\underline{\omega}, \bar{\omega}] = X_i$: Conjunto de tipos possíveis do jogador i , ou seja, conjunto de possíveis custos de i para fornecer o bem;

$p(x) = p(x_1, \dots, x_N) = f_1(x_1) \times \dots \times f_N(x_N) = f(x_1) \times \dots \times f(x_N)$: Densidade de probabilidade conjunta dos tipos dos jogadores (em que a segunda e terceira

¹⁷ Ver Gibbons (1992).

igualdade são consequências, respectivamente, das hipóteses de independência e simetria);

$A_i = [\underline{\omega}, \bar{\omega}] = B_i$: Conjunto de possíveis ações (lances) do jogador i ;

$u_i = \Pi_i$: *Payoff ex-post* do jogador i .

3.3.1 Equilíbrio

Seja $B = (b_1, \dots, b_N)$ um perfil de lances realizados pelos participantes. Então, tratando-se de uma licitação de segundo menor preço, o *payoff ex-post* do participante i , que possui custo x_i , será dado por:

$$\Pi_i = \begin{cases} 0 & \text{se } b_i > \min_{j \neq i} b_j \\ \min_{j \neq i} b_j - x_i & \text{se } b_i < \min_{j \neq i} b_j \\ \frac{\min_{j \neq i} b_j - x_i}{|\{k \mid b_k = \min_{j \neq i} b_j\}|} & \text{se } b_i = \min_{j \neq i} b_j \end{cases}$$

em que a última expressão corresponde à randomização adotada para os casos de empates.

Um perfil de estratégias desse jogo corresponde a um vetor de funções, $\lambda = (\lambda_1, \dots, \lambda_N)$, com $\lambda_i: X_i \rightarrow B_i$ para cada $i = 1, \dots, N$.

Proposição 3.1: *Fazer um lance igual ao seu próprio custo é uma estratégia fracamente dominante¹⁸ para todos os participantes na Licitação Selada de Segundo Menor Preço. Ou seja, $\lambda_i^{II}(x_i) = x_i$, $\forall x_i \in X_i$, é uma estratégia fracamente dominante para cada participante $i = 1, \dots, N$.¹⁹*

Demonstração:

Suponha que o participante i possui custo x_i e seja $q = \min_{j \neq i} b_j$. Neste caso, se escolher o lance $b_i = x_i$ o participante i :

- vence se $x_i < q$ e obtém *payoff* $\Pi_i = q - x_i$;
- perde se $x_i > q$ e obtém *payoff* $\Pi_i = 0$;
- tem utilidade *ex-post* igual a zero se $x_i = q$.

¹⁸ Ver Myerson (1991) e Gibbons (1992).

¹⁹ Neste caso, como usualmente adotado na literatura de referência, o sobrescrito *II* na função $\lambda_i^{II}(x_i)$ indica tratar-se de uma estratégia para um formato de segundo preço.

I. Caso i escolhesse um lance $z_i > x_i$:

- i. Se $x_i < z_i < q$, então nada mudaria em seu *payoff*,
- ii. Se $q \leq x_i < z_i$, novamente não haveria alteração em seu *payoff*.
- iii. Se $x_i < q < z_i$, então seu *payoff* reduziria de $\Pi_i = q - x_i > 0$ para $\Pi_i = 0$;
- iv. Se $x_i < q = z_i$, então seu *payoff* reduziria de $\Pi_i = q - x_i$ para $\Pi_i = \frac{q - x_i}{\{k \mid b_k = \min_j b_j\}}$;

Logo, o participante i não pode melhorar seu *payoff* aumentando seu lance (aumentar o lance pode apenas piorar seu *payoff* ou mantê-lo inalterado).

II. Caso i escolhesse um lance $z_i < x_i$:

- i. Se $z_i < x_i < q$, então nada mudaria em seu *payoff*,
- ii. Se $q < z_i < x_i$, novamente não haveria alteração em seu *payoff*.
- iii. Se $z_i < q \leq x_i$, então seu *payoff* reduziria de $\Pi_i = 0$ para $\Pi_i = q - x_i \leq 0$;
- iv. Se $z_i = q < x_i$, então seu *payoff* reduziria de $\Pi_i = 0$ para $\Pi_i = \frac{q - x_i}{\{k \mid b_k = \min_j b_j\}} < 0$;

Logo, o participante i não pode melhorar seu *payoff* reduzindo seu lance (reduzir o lance pode apenas piorar seu *payoff* ou mantê-lo inalterado).

$\therefore$ O participante i não pode melhorar seu *payoff ex-post* desviando da estratégia de jogar “sinceramente” (fazer um lance equivalente ao seu custo real), ou seja, $\forall x_i \in X_i$, $\lambda_i^{II}(x_i) = x_i$ consiste em uma estratégia fracamente dominante. ■

Corolário 3.1: O perfil de estratégias $\lambda^{II} = (\lambda_1^{II}, \dots, \lambda_N^{II})$, em que $\lambda_i^{II}(x_i) = x_i, \forall i$ e $\forall x_i \in X_i$, consiste em um Equilíbrio de Nash Bayesiano (ENB)²⁰ em estratégias fracamente dominantes da Licitação Selada de Segundo Menor Preço.

Portanto, na Licitação Selada de Segundo Menor Preço, fazer um lance correspondente ao seu próprio custo é uma estratégia ótima do ponto de vista da maximização de *payoff* independentemente dos lances submetidos pelos demais competidores.

²⁰ Ver Myerson (1991) e Gibbons (1992).

Mais ainda, dado que trata-se de um resultado obtido via análise *ex-post*, o equilíbrio independe das distribuições F_i e, portanto, independe das hipóteses de Valores Independentes e Valores Simétricos (a única premissa que continua relevante é a de Valores Privados).

Desta forma, esse formato de licitação fornece um equilíbrio bastante robusto e de grande simplicidade estratégica. E, como no equilíbrio encontrado o participante de menor custo vence a licitação (ou seja, o bem será provido por quem incorre em menor custo para fazê-lo), trata-se também de um mecanismo eficiente.

3.3.2 Pagamento Esperado do Leiloeiro

De forma a determinar o pagamento esperado do leiloeiro, iniciamos identificando a receita esperada de um participante qualquer no Equilíbrio de Nash Bayesiano descrito na **Proposição 3.1** para o formato de licitação em análise.

Sem perda de generalidade, fixe $i = 1$.

Seja $M_1 \equiv M_1^{(n-1)}$ a variável aleatória que corresponde ao cálculo do menor valor dentre as realizações dos demais participantes, ou seja, M_1 é a estatística de menor ordem das $N - 1$ variáveis aleatórias $X_2, \dots, X_N$:

$$M_1(x_2, \dots, x_N) = \min_{j \neq 1} x_j$$

Seja $G^{(n-1)}$ a função de distribuição de probabilidades da variável aleatória M_1 , com função densidade de probabilidade $g \equiv g^{(n-1)}$. Então, temos que:

$$G^{(n-1)}(x_1) = \text{prob} \left[\min_{j \neq 1} x_j \leq x_1 \right]$$

$$G^{(n-1)}(x_1) = \text{prob} [x_2 \leq x_1] \vee \dots \vee \text{prob} [x_N \leq x_1]$$

$$G^{(n-1)}(x_1) = 1 - (\text{prob} [x_2 > x_1] \wedge \dots \wedge \text{prob} [x_N > x_1])$$

$$G^{(n-1)}(x_1) = 1 - (\text{prob} [x_2 > x_1] \times \dots \times \text{prob} [x_N > x_1])$$

$$G^{(n-1)}(x_1) = 1 - [(1 - F(x_1)) \times \dots \times (1 - F(x_1))]$$

Portanto:

$$G^{(n-1)}(x_1) = 1 - [1 - F(x_1)]^{N-1}$$

Sendo assim, a receita esperada *interim* (quando já conhece seu custo) do participante $i = 1$, $m^I(x_1)$, tratando-se de uma licitação de segundo menor preço, será:

$$m^I(x_1) = \text{prob}[x_1 \text{ ser menor custo}] \times E[\text{segundo menor custo} \mid x_1 \text{ é menor custo}]$$

$$m^I(x_1) = \text{prob}\left[\min_{j \neq 1} x_j \geq x_1\right] \times E[M_1(x_2, \dots, x_N) \mid M_1(x_2, \dots, x_N) \geq x_1]$$

$$m^I(x_1) = \left(1 - \text{prob}\left[\min_{j \neq 1} x_j \leq x_1\right]\right) \times E[M_1(x_2, \dots, x_N) \mid M_1(x_2, \dots, x_N) \geq x_1]$$

Como:

$$G^{(n-1)}(x_1) = \text{prob}\left[\min_{j \neq 1} x_j \leq x_1\right]$$

Obtemos:

$$m^I(x_1) = \left(1 - G^{(n-1)}(x_1)\right) \times E[M_1(x_2, \dots, x_N) \mid M_1(x_2, \dots, x_N) \geq x_1]$$

Temos então que receita esperada *ex-ante* (antes de saber seu custo e, portanto, considerando todos os custos possíveis) de um determinado participante será:

$$E[m^I(x)] = \int_{\underline{\omega}}^{\bar{\omega}} m^I(x) f(x) dx$$

Em posse dessa expressão podemos determinar o pagamento esperado do leiloeiro, $E[P^I]$, uma vez que este consiste, simplesmente, na soma das receitas esperadas *ex-ante* de todos os participantes individuais. Logo:

$$E[P^I] = N \times E[m^I(x)] = N \times \int_{\underline{\omega}}^{\bar{\omega}} m^I(x) f(x) dx$$

Dado que:

$$E[M_1(x_2, \dots, x_N) \mid M_1(x_2, \dots, x_N) \geq x_1] = \frac{1}{1 - G^{(n-1)}(x_1)} \times \int_{x_1}^{\bar{\omega}} y g(y) dy$$

Temos:

$$E[m^I(x)] = \int_{\underline{\omega}}^{\bar{\omega}} \left(1 - G^{(n-1)}(x) \times \frac{1}{1 - G^{(n-1)}(x)} \times \int_x^{\bar{\omega}} y g(y) dy\right) f(x) dx$$

$$E[m^I(x)] = \int_{\underline{\omega}}^{\bar{\omega}} \left(\int_x^{\bar{\omega}} y g(y) dy\right) f(x) dx$$

E, portanto:

$$E[P^H] = N \times \int_{\underline{\omega}}^{\bar{\omega}} \left(\int_x^{\bar{\omega}} y g(y) dy \right) f(x) dx$$

Desta forma, o pagamento esperado do leiloeiro no Equilíbrio de Nash Bayesiano determinado para a Licitação Selada de Segundo Menor Preço será dado pela expressão acima indicada para $E[P^H]$.

3.4 LICITAÇÃO ABERTA DESCENDENTE

No caso de valores privados, verifica-se de forma imediata que os jogos que descrevem a Licitação Selada de Segundo Menor Preço e a Licitação Aberta Descendente são estrategicamente equivalentes e, portanto, levam ao mesmo Equilíbrio de Nash simétrico em estratégias (*ex-post*) fracamente dominantes.

Sendo assim, os resultados indicados na **Proposição 3.1** e respectivo **Corolário 3.1**, assim como os resultados encontrados para o pagamento esperado do leiloeiro, são também válidos para a Licitação Aberta Descendente. Neste caso, abandonar o certame quando o preço se iguala ao custo é a única estratégia fracamente dominante para todos os participantes, com o participante de menor custo vencendo a licitação e recebendo o equivalente ao custo do competidor de segundo menor valor.

3.5 LICITAÇÃO SELADA DE MENOR PREÇO

A Licitação Selada de Menor Preço também pode ser descrita por um jogo estático com informação incompleta (um jogo estático Bayesiano) dado por:

$$J = (N, (T_i)_{i \in N}, p, (A_i)_{i \in N}, (u_i)_{i \in N})$$

em que:

N : Número de jogadores;

$T_i = [\underline{\omega}, \bar{\omega}] = X_i$: Conjunto de tipos possíveis do jogador i , ou seja, conjunto de possíveis custos de i para fornecer o bem;

$p(x) = p(x_1, \dots, x_N) = f_1(x_1) \times \dots \times f_N(x_N) = f(x_1) \times \dots \times f(x_N)$: Densidade de probabilidade conjunta dos tipos dos jogadores (em que a segunda e terceira igualdade são consequências, respectivamente, das hipóteses de independência e simetria);

$A_i = [\underline{\omega}, \bar{\omega}] = B_i$: Conjunto de possíveis ações (lances) do jogador i ;

$u_i = \Pi_i$: *Payoff ex-post* do jogador i .

3.5.1 Equilíbrio

Seja $B = (b_1, \dots, b_N)$ um perfil de lances realizados pelos participantes. Então, tratando-se de uma licitação de menor preço, o *payoff ex-post* do participante i , que possui custo x_i , será dado por:

$$\Pi_i = \begin{cases} 0 & \text{se } b_i > \min_{j \neq i} b_j \\ b_i - x_i & \text{se } b_i < \min_{j \neq i} b_j \\ \frac{b_i - x_i}{|\{k \mid b_k = \min_{j \neq i} b_j\}|} & \text{se } b_i = \min_{j \neq i} b_j \end{cases}$$

em que a última expressão corresponde à randomização adotada para os casos de empates.

Um perfil de estratégias desse jogo corresponde a um vetor de funções, $\lambda = (\lambda_1, \dots, \lambda_N)$, com $\lambda_i: X_i \rightarrow B_i$ para cada $i = 1, \dots, N$.

Proposição 3.2: O perfil de estratégias $\lambda^I = (\lambda_1^I, \dots, \lambda_N^I)$ definido por:

$$\lambda_i^I(x_i) = \lambda^I(x_i) = \frac{1}{1 - G^{(n-1)}(x_i)} \times \int_{x_i}^{\bar{\omega}} y g(y) dy = E[M_1^{(n-1)} \mid x_i \leq M_1^{(n-1)}]$$

em que $M_1^{(n-1)} = M_1^{(n-1)}(x_{-i}) = \min_{j \neq i} x_j$, é um Equilíbrio de Nash Bayesiano (ENB) simétrico, diferenciável e estritamente crescente da Licitação Selada de Menor Preço.²¹

Demonstração:

Suponha que o participante i possui custo x_i para fornecer o bem, que todos os demais competidores façam lances de acordo com $\lambda^I = \lambda$ e que i escolha $b_i = b$ como seu lance.

Seja $z = \lambda^{-1}(b)$ (como λ^I é estritamente crescente, trata-se de uma função que possui inversa). Então $b = \lambda(z)$ seria o lance realizado por um dos participantes caso ele tivesse custo z . Neste caso, i vencerá apenas se todos os demais competidores tiverem custos maiores que z (dado que λ é crescente no custo).

Seu *payoff* esperado então será:

$$\Pi(b; x_i) = \text{prob}[z \text{ ser menor custo}] \times (b - x_i) = \text{prob} \left[\min_{j \neq i} x_j \geq z \right] \times (b - x_i)$$

²¹ Neste caso, como usualmente adotado na literatura de referência, o sobrescrito I na função $\lambda_i^I(x_i)$ indica tratar-se de uma estratégia para um formato de primeiro preço.

$$\Pi(b; x_i) = \left(1 - \text{prob} \left[\min_{j \neq i} x_j \leq z \right] \right) \times (\lambda(z) - x_i)$$

Como:

$$G^{(n-1)}(x_i) = \text{prob} \left[\min_{j \neq i} x_j \leq x_i \right]$$

Obtemos:

$$\Pi(b; x_i) = \left(1 - G^{(n-1)}(z)\right) \times (\lambda(z) - x_i) = \left(1 - G^{(n-1)}(z)\right) \lambda(z) - \left(1 - G^{(n-1)}(z)\right) x_i$$

Substituindo $\lambda(z)$ pela expressão indicada na proposição:

$$\begin{aligned} \Pi(b; x_i) &= \left(1 - G^{(n-1)}(z)\right) \frac{1}{1 - G^{(n-1)}(z)} \times \int_z^{\bar{\omega}} y g(y) dy - \left(1 - G^{(n-1)}(z)\right) x_i \\ \Pi(b; x_i) &= \int_z^{\bar{\omega}} y g(y) dy - \left(1 - G^{(n-1)}(z)\right) x_i \end{aligned}$$

Resolvendo o primeiro termo da expressão usando integração por partes:

$$\Pi(b; x_i) = (\bar{\omega} G^{(n-1)}(\bar{\omega}) - z G^{(n-1)}(z)) - \int_z^{\bar{\omega}} G^{(n-1)}(y) dy - \left(1 - G^{(n-1)}(z)\right) x_i$$

Como $G^{(n-1)}(\bar{\omega}) = 1$:

$$\Pi(b; x_i) = \bar{\omega} - z G^{(n-1)}(z) - x_i + x_i G^{(n-1)}(z) - \int_z^{\bar{\omega}} G^{(n-1)}(y) dy$$

E, portanto:

$$\Pi(b; x_i) = \bar{\omega} - x_i + G^{(n-1)}(z) \times [x_i - z] - \int_z^{\bar{\omega}} G^{(n-1)}(y) dy = \Pi(\lambda(z), x_i)$$

Logo, tomando a diferença entre os *payoffs* que seriam obtidos com os lances $\lambda(x_i)$ e $\lambda(z)$ obtemos:

$$\begin{aligned} \Delta \Pi &= \Pi(\lambda(x_i); x_i) - \Pi(\lambda(z); x_i) \\ \Delta \Pi &= \bar{\omega} - x_i + G^{(n-1)}(x_i) \times [x_i - x_i] - \int_{x_i}^{\bar{\omega}} G^{(n-1)}(y) dy - \bar{\omega} + x_i - G^{(n-1)}(z) \times [x_i - z] \\ &\quad + \int_z^{\bar{\omega}} G^{(n-1)}(y) dy \\ \Delta \Pi &= G^{(n-1)}(z) \times [z - x_i] - \int_{x_i}^{\bar{\omega}} G^{(n-1)}(y) dy - \int_{\bar{\omega}}^z G^{(n-1)}(y) dy \\ \Delta \Pi &= G^{(n-1)}(z) \times [z - x_i] - \int_{x_i}^z G^{(n-1)}(y) dy \\ \Delta \Pi &= \int_{x_i}^z G^{(n-1)}(z) dy - \int_{x_i}^z G^{(n-1)}(y) dy \end{aligned}$$

$$\Delta \Pi = \int_{x_i}^z [G^{(n-1)}(z) - G^{(n-1)}(y)] dy \geq 0$$

$\therefore$ Se todos os demais competidores seguem a estratégia λ , um participante i , com custo x_i , não pode melhorar seu *payoff* desviando da estratégia de também jogar de acordo com λ , ou seja, de escolher como lance $b = \lambda(x_i)$. Logo, tem-se que a estratégia λ constitui um equilíbrio simétrico da Licitação Selada de Menor Preço. ■

A **Proposição 3.2** nos diz que, se todos os competidores jogam de acordo com λ , então é ótimo para um participante de custo x_i fazer um lance $b = \lambda(x_i)$. No entanto, precisamos mostrar também que, em um Equilíbrio de Nash Bayesiano simétrico, diferenciável e estritamente crescente da Licitação Selada de Menor Preço, as estratégias dos participantes necessariamente seguem o formato apresentado na proposição anterior.

Proposição 3.3: *Caso exista um equilíbrio simétrico, diferenciável e estritamente crescente na Licitação Selada de Menor Preço, o perfil de estratégias $\lambda^I = (\lambda_1^I, \dots, \lambda_N^I)$ deste equilíbrio terá a seguinte forma:*

$$\lambda_i^I(x_i) = \lambda^I(x_i) = \frac{1}{1 - G^{(n-1)}(x_i)} \times \int_{x_i}^{\bar{\omega}} y g(y) dy = E[M_1^{(n-1)} | x_i \leq M_1^{(n-1)}]$$

em que $M_1^{(n-1)} = M_1^{(n-1)}(x_{-i}) = \min_{j \neq i} x_j$.

Demonstração:

Fixe o participante i .

Suponha um equilíbrio simétrico, diferenciável e estritamente crescente, que denominaremos por λ , com todos os demais competidores jogando segundo esse equilíbrio, e também que o participante i , que possui custo x_i , faz o lance b .

Neste caso, i vencerá a licitação apenas de $b < \lambda(x_j)$ para todo $j \neq i$, ou seja, $b < \min_{j \neq i} \lambda(x_j)$.

Como λ é estritamente crescente nos custos, i vencerá a licitação se, e somente se, $b < \lambda(\min_{j \neq i} x_j) = \lambda(M_1^{(n-1)}(x_{-i}))$, ou ainda, se $M_1^{(n-1)}(x_{-i}) > \lambda^{-1}(b)$.

Sendo assim, a probabilidade de vitória do participante i com o lance b é:

$$\text{prob}[M_1^{(n-1)}(x_{-i}) > \lambda^{-1}(b)] = 1 - \text{prob}[M_1^{(n-1)}(x_{-i}) < \lambda^{-1}(b)] = 1 - G^{(n-1)}(\lambda^{-1}(b))$$

Logo, sua utilidade esperada *interim* será:

$$UE(b; x_i) = [1 - G^{(n-1)}(\lambda^{-1}(b))] \times (b - x_i)$$

Supondo que essa função seja estritamente côncava, a maximização desta utilidade esperada nos fornece como Condição de Primeira Ordem (CPO):

$$-g(\lambda^{-1}(b)) \times \frac{d(\lambda^{-1}(b))}{db} \times (b - x_i) + [1 - G^{(n-1)}(\lambda^{-1}(b))] \times (1) = 0$$

Como em um equilíbrio simétrico teremos $b = \lambda(x_i)$, ou ainda, $x_i = \lambda^{-1}(b)$, obtemos, a partir da expressão acima, o seguinte:

$$-g(x_i) \times \frac{1}{\lambda'(x_i)} \times (\lambda(x_i) - x_i) + 1 - G^{(n-1)}(x_i) = 0$$

$$1 - G^{(n-1)}(x_i) = g(x_i) \times \frac{1}{\lambda'(x_i)} \times (\lambda(x_i) - x_i)$$

$$[1 - G^{(n-1)}(x_i)] \times \lambda'(x_i) = g(x_i) \lambda(x_i) - g(x_i) x_i$$

$$g(x_i) x_i = g(x_i) \lambda(x_i) - [1 - G^{(n-1)}(x_i)] \times \lambda'(x_i)$$

Ou, de forma equivalente:

$$g(x_i) x_i = -\frac{d}{dx} \left[(1 - G^{(n-1)}(x_i)) \lambda(x_i) \right]$$

Integrando os dois lados da expressão (no intervalo de x_i a $\bar{\omega}$):

$$\begin{aligned} \int_{x_i}^{\bar{\omega}} y g(y) dy &= - \int_{x_i}^{\bar{\omega}} d \left[(1 - G^{(n-1)}(y)) \lambda(y) \right] \\ &= - \left[(1 - G^{(n-1)}(\bar{\omega})) \times \lambda(\bar{\omega}) - (1 - G^{(n-1)}(x_i)) \times \lambda(x_i) \right] = \int_{x_i}^{\bar{\omega}} y g(y) dy \end{aligned}$$

Como $G^{(n-1)}(\bar{\omega}) = 1$:

$$(1 - G^{(n-1)}(x_i)) \times \lambda(x_i) = \int_{x_i}^{\bar{\omega}} y g(y) dy$$

E, portanto:

$$\lambda(x_i) = \frac{1}{1 - G^{(n-1)}(x_i)} \times \int_{x_i}^{\bar{\omega}} y g(y) dy = E \left[M_1^{(n-1)} \mid x_i \leq M_1^{(n-1)} \right]$$

Logo, em qualquer Equilíbrio de Nash Bayesiano simétrico, diferenciável e estritamente crescente da Licitação Selada de Menor Preço, em que as distribuições

dos custos dos competidores são tais que a função objetivo de um participante obtida a partir de sua utilidade esperada *interim* é estritamente côncava, as estratégias dos participantes terão o formato $\lambda(x_i) = E[M_1^{(n-1)} | x_i \leq M_1^{(n-1)}]$. ■

Assim como ocorre para os formatos anteriores, os resultados obtidos descrevem um equilíbrio em que o participante de menor custo vence a licitação, ou seja, trata-se de um mecanismo eficiente.

No entanto, ao contrário do que foi verificado para a Licitação Selada de Segundo Menor Preço e para a Licitação Aberta Ascendente, neste caso a estratégia ótima depende dos lances dos demais competidores e, em equilíbrio, nenhum participante irá fazer um lance igual ao próprio custo, pois essa estratégia lhe garantiria um *payoff* nulo em qualquer cenário. Na Licitação Selada de Menor Preço os participantes se deparam com o seguinte *trade-off*: um aumento no valor do lance ampliará os ganhos em caso de vitória, no entanto, esse mesmo aumento, em contrapartida, reduzirá a probabilidade de vitória.

Partindo da forma anteriormente determinada para o lance em equilíbrio, podemos derivar uma expressão alternativa para $\lambda(x_i)$, que ajuda a ilustrar melhor o comportamento estratégico atribuído a esse formato de licitação (em virtude do *trade-off* anteriormente mencionado):

$$\lambda(x_i) = \frac{1}{1 - G^{(n-1)}(x_i)} \times \int_{x_i}^{\bar{\omega}} y g(y) dy$$

$$\lambda(x_i) \times (1 - G^{(n-1)}(x_i)) = \int_{x_i}^{\bar{\omega}} y g(y) dy$$

Resolvendo o segundo termo usando integração por partes:

$$\lambda(x_i) \times (1 - G^{(n-1)}(x_i)) = \bar{\omega} - x_i G^{(n-1)}(x_i) - \int_{x_i}^{\bar{\omega}} G^{(n-1)}(y) dy$$

Logo:

$$\lambda(x_i) \times (1 - G^{(n-1)}(x_i)) = \bar{\omega} - x_i + x_i (1 - G^{(n-1)}(x_i)) - \int_{x_i}^{\bar{\omega}} G^{(n-1)}(y) dy$$

$$\lambda(x_i) \times (1 - G^{(n-1)}(x_i)) = x_i (1 - G^{(n-1)}(x_i)) + \int_{x_i}^{\bar{\omega}} (1 - G^{(n-1)}(y)) dy$$

E, portanto:

$$\lambda(x_i) = x_i + \int_{x_i}^{\bar{\omega}} \frac{(1 - G^{(n-1)}(y))}{(1 - G^{(n-1)}(x_i))} dy > x_i$$

A última expressão indicada acima mostra que, para todo x_i , $\lambda(x_i) > x_i$, evidenciando a existência do comportamento estratégico mencionado.

Desta maneira, a solução encontrada carece de simplicidade em comparação com os formatos anteriores, uma vez que a determinação do lance ótimo não é tão elementar e depende das distribuições de probabilidade dos demais competidores, assim como depende também de todas as hipóteses do modelo. Tem-se, portanto, um formato mais complexo do ponto de vista informacional, exigindo maior sofisticação dos participantes na determinação de sua estratégia.

Na sequência apresentamos um exemplo visando ilustrar melhor os resultados obtido para a Licitação Selada de Menor Preço.

Exemplo 3.1: Considere uma Licitação Selada de Menor Preço com N participantes, em um modelo de valores privados, independentes e simétricos, no qual os custos estão uniformemente distribuídos no intervalo $[0,1]$.

Neste caso, dada a distribuição uniforme para os custos, temos:

$$f(x) = 1$$

$$F(x) = x$$

Sendo assim:

$$G^{(n-1)}(x) = 1 - (1 - F(x))^{N-1} = 1 - (1 - x)^{N-1}$$

Como:

$$\lambda(x_i) = \frac{1}{1 - G^{(n-1)}(x_i)} \times \int_{x_i}^1 y g(y) dy$$

Substituindo a expressão acima obtida para $G^{(n-1)}(x)$ obtemos:

$$\lambda(x_i) = \frac{1}{(1 - x_i)^{N-1}} \times \int_{x_i}^1 y g(y) dy$$

Resolvendo a integral:

$$\lambda(x_i) = \frac{1}{(1 - x_i)^{N-1}} \times \left(G^{(n-1)}(1) - x_i G^{(n-1)}(x_i) - \int_{x_i}^1 G^{(n-1)}(y) dy \right)$$

Novamente utilizando a expressão obtida para $G^{(n-1)}(x)$:

$$\lambda(x_i) = \frac{1}{(1-x_i)^{N-1}} \times \left(1 - x_i(1 - (1-x_i)^{N-1}) - \int_{x_i}^1 1 - (1-y)^{N-1} dy \right)$$

$$\lambda(x_i) = \frac{1}{(1-x_i)^{N-1}} \times \left(x_i(1-x_i)^{N-1} + \int_{x_i}^1 (1-y)^{N-1} dy \right)$$

Mais uma vez, resolvendo a integral:

$$\lambda(x_i) = \frac{1}{(1-x_i)^{N-1}} \times \left(x_i(1-x_i)^{N-1} + \frac{(1-x_i)^N}{N} \right)$$

$$\lambda(x_i) = x_i + \frac{(1-x_i)}{N}$$

E, por fim:

$$\lambda(x_i) = \frac{x_i(N-1) + 1}{N}$$

No caso de $N = 2$, portanto, teríamos $\lambda(x_i) = \frac{x_i + 1}{2}$. Ou seja, o lance ótimo de um participante corresponderia a média entre seu próprio custo e o maior custo possível (aqui igual a 1), *i.e.*, ao valor esperado do segundo menor custo dado que o seu custo é o menor ($E[M_1^{(n-1)} | x_i \leq M_1^{(n-1)}]$).

Verifica-se também que o aumento de N leva a uma diminuição no incremento do lance, sendo que, no limite, obtemos:

$$\lim_{N \rightarrow \infty} \left(\frac{x_i(N-1) + 1}{N} \right) = \lim_{N \rightarrow \infty} \left(\frac{x_i(N-1)}{N} \right) + \lim_{N \rightarrow \infty} \left(\frac{1}{N} \right) = \lim_{N \rightarrow \infty} x_i \left(1 - \frac{1}{N} \right) + \lim_{N \rightarrow \infty} \left(\frac{1}{N} \right) = x_i$$

Ou seja, um aumento no número de participantes leva a uma redução do comportamento estratégico, o que por sua vez faz com que o lance ótimo se aproxime do custo real de fornecimento. ▲

3.5.2 Pagamento Esperado do Leiloeiro

Novamente, para a determinar o pagamento esperado do leiloeiro, primeiro identificamos a receita esperada de um participante qualquer no Equilíbrio de Nash Bayesiano descrito na **Proposição 3.2** para este formato de licitação.

Sem perda de generalidade, fixamos $i = 1$ e consideramos a estatística de ordem $M_1 \equiv M_1^{(n-1)} \equiv M_1^{(n-1)}(x_{-i})$ definida anteriormente, com distribuição $G^{(n-1)}$.

Neste caso, como $i = 1$, $M_1^{(n-1)}(x_{-i}) = M_1^{(n-1)}(x_2, \dots, x_N) = \min_{j \neq 1} x_j$ e $G^{(n-1)}(x_1) = 1 - [1 - F(x_1)]^{N-1}$.

A receita esperada *ínterim* do participante $i = 1$, $m^I(x_1)$, tratando-se de uma licitação de menor preço, será:

$$m^I(x_1) = \text{prob}[x_1 \text{ ser menor custo}] \times \lambda(x_1)$$

Substituindo $\lambda(x_1)$:

$$m^I(x_1) = \text{prob}\left[\min_{j \neq 1} x_j \geq x_1\right] \times E\left[M_1^{(n-1)} \mid x_1 \leq M_1^{(n-1)}\right]$$

$$m^I(x_1) = \left(1 - \text{prob}\left[\min_{j \neq 1} x_j \leq x_1\right]\right) \times E\left[M_1^{(n-1)} \mid x_1 \leq M_1^{(n-1)}\right]$$

Como:

$$G^{(n-1)}(x_i) = \text{prob}\left[\min_{j \neq i} x_j \leq x_i\right]$$

Obtemos:

$$m^I(x_1) = \left(1 - G^{(n-1)}(x_1)\right) \times E\left[M_1(x_2, \dots, x_N) \mid M_1(x_2, \dots, x_N) \geq x_1\right]$$

Que corresponde à mesma expressão obtida na Subseção 3.3.2 para $m^{II}(x_1)$.

Portanto:

$$m^I(x_1) = m^{II}(x_1)$$

Ou seja, apesar de os lances serem distintos na Licitação Selada de Menor Preço e na Licitação Selada de Segundo Menor Preço, a receita esperada *ínterim* de cada participante de tipo x_i , considerando as hipóteses do modelo básico de referência, é exatamente a mesma nos dois formatos.

Logo, a receita esperada *ex-ante* de um determinado participante também será equivalente nos dois formatos, uma vez que:

$$E[m^I(x)] = \int_{\underline{\omega}}^{\bar{\omega}} m^I(x) f(x) dx = \int_{\underline{\omega}}^{\bar{\omega}} m^{II}(x) f(x) dx = E[m^{II}(x)]$$

Finalmente, também serão equivalentes o pagamento esperado do leiloeiro em ambos os formatos, $E[P^I]$ e $E[P^{II}]$, uma vez que, nos dois casos, este consiste, simplesmente, na soma das receitas esperadas *ex-ante* de todos os participantes individuais.

Logo:

$$\begin{aligned} E[P^I] &= N \times E[m^I(x)] = N \times \int_{\underline{\omega}}^{\bar{\omega}} m^I(x) f(x) dx = N \times \int_{\underline{\omega}}^{\bar{\omega}} m^{II}(x) f(x) dx \\ &= N \times E[m^{II}(x)] = E[P^{II}] \end{aligned}$$

Utilizando os resultados anteriormente determinados na Subseção 3.3.2, temos que:

$$E[P^I] = N \times \int_{\underline{\omega}}^{\bar{\omega}} \left(\int_x^{\bar{\omega}} y g(y) dy \right) f(x) dx$$

Desta forma, o pagamento esperado do leiloeiro no Equilíbrio de Nash Bayesiano determinado para a Licitação Selada de Menor Preço será dado pela expressão acima indicada para $E[P^I]$.

3.6 LICITAÇÃO ABERTA ASCENDENTE

Verifica-se de forma imediata que os jogos que descrevem a Licitação Selada de Menor Preço e a Licitação Aberta Ascendente são estrategicamente equivalentes e, portanto, levam ao mesmo Equilíbrio de Nash Bayesiano. Essa equivalência é válida inclusive no que diz respeito ao *trade-off* com o qual os participantes se deparam, que no caso da Licitação Aberta Ascendente, irá envolver a decisão referente ao quanto esperar para manifestar o interesse em fornecer o bem após o preço anunciado chegar ao seu custo (o que equivale à decisão de quanto aumentar o lance acima do custo na Licitação Selada de Menor Preço).

Desta forma, os resultados indicados na **Proposição 3.2** e **Proposição 3.3**, assim como os resultados determinados para o pagamento esperado do leiloeiro, são também válidos para a Licitação Aberta Ascendente e, neste caso, sinalizar o aceite do preço quando este chegar a:

$$\frac{1}{1 - G^{(n-1)}(x_i)} \times \int_{x_i}^{\bar{\omega}} y g(y) dy$$

corresponde ao Equilíbrio de Nash Bayesiano simétrico do formato.

3.7 COMPARAÇÃO ENTRE PAGAMENTOS ESPERADOS

A partir dos resultados estabelecidos para cada um dos formatos tradicionais, seguimos com a comparação entre os pagamentos esperados nas licitações em análise.

Proposição 3.4: No modelo de valores privados, independentes e simétricos, os quatro formatos tradicionais de licitações geram o mesmo pagamento esperado para o leiloeiro, sendo que esse pagamento corresponde ao valor esperado do segundo menor custo dentre todos os participantes:

$$E[P] = E[M_2^{(n)}]$$

$$\text{em que } M_2^{(n)} = M_2^{(n)}(x) = \left(\min_{j \neq i} x_j \mid x_i = M_1^{(n)}(x) \right).$$

Demonstração:

Em uma Licitação Selada de Menor Preço o vencedor recebe o valor do seu próprio lance, logo, a receita esperada *interim* de um participante com custo x_i , $m^I(x_i)$, será dada por:

$$m^I(x_i) = \text{prob} [\text{Vitória}] \times \text{Lance Realizado}$$

$$m^I(x_i) = \text{prob} [x_i \text{ ser menor custo}] \times \lambda(x_i)$$

O que, como visto na Subseção 3.5.2, resulta em:

$$m^I(x_i) = \left(1 - G^{(n-1)}(x_i) \right) \times E \left[M_1^{(n-1)}(x_{-i}) \mid x_i \leq M_1^{(n-1)}(x_{-i}) \right]$$

Sendo essa expressão idêntica à obtida na Subseção 3.3.2 para a receita esperada *interim* de um participante de custo x_i , $m^{II}(x_i)$, em uma Licitação Selada de Segundo Menor Preço. Logo:

$$m^I(x_i) = m^{II}(x_i) \equiv m(x_i)$$

Dada a equivalência estratégica entre a Licitação Selada de Primeiro Preço e a Licitação Aberta Ascendente, assim como a equivalência entre a Licitação Selada de Segundo Menor Preço e a Licitação Aberta Descendente, e uma vez que o pagamento esperado do leiloeiro consiste na soma das receitas esperadas *ex-ante* de todos os participantes, verifica-se que esse pagamento esperado será o mesmo nos quatro formatos tradicionais de licitações.

Como a receita esperada *ex-ante* de um determinado participante de custo x , nos quatro formatos de licitações, será:

$$E[m(x)] = \int_{\underline{\omega}}^{\bar{\omega}} m(x) f(x) dx$$

Com:

$$m(x) = \left(1 - G^{(n-1)}(x) \right) \times E \left[M_1^{(n-1)} \mid x \leq M_1^{(n-1)} \right]$$

Ou ainda:

$$m(x) = \left(1 - G^{(n-1)}(x)\right) \times \frac{1}{1 - G^{(n-1)}(x)} \times \int_x^{\bar{\omega}} y g(y) dy = \int_x^{\bar{\omega}} y g(y) dy$$

Obtemos:

$$E[m(x)] = \int_{\underline{\omega}}^{\bar{\omega}} \left(\int_x^{\bar{\omega}} y g(y) dy \right) f(x) dx$$

Invertendo a ordem de integração:

$$E[m(x)] = \int_{\underline{\omega}}^{\bar{\omega}} \left(\int_{\underline{\omega}}^y f(x) dx \right) y g(y) dy$$

E, conseqüentemente:

$$E[m(x)] = \int_{\underline{\omega}}^{\bar{\omega}} F(y) y g(y) dy$$

Sendo assim, o pagamento esperado do leiloeiro será:

$$E[P] = N \times E[m(x)] = N \times \int_{\underline{\omega}}^{\bar{\omega}} F(y) y g(y) dy$$

$$E[P] = \int_{\underline{\omega}}^{\bar{\omega}} y N g(y) F(y) dy$$

Notamos que, sendo $M_2^{(n)}(x)$ a variável aleatória que corresponde ao cálculo do segundo menor valor dentre as N realizações de custo dos participantes (ou seja, M_2 é a estatística de segunda menor ordem), sua função densidade de probabilidade equivale a²²:

$$g_2^{(n)}(y) = N \times g_1^{(n-1)} \times F(y)$$

em que $g_1^{(n-1)} \equiv g$. Mas então:

$$E[P] = \int_{\underline{\omega}}^{\bar{\omega}} y g_2^{(n)}(y) dy$$

E, portanto:

$$E[P] = E[M_2^{(n)}]$$

²² Ver Apêndice 14.1: Estatísticas de Segunda Menor Ordem.

Isso conclui a demonstração de que o pagamento esperado é o mesmo nos quatro formatos tradicionais de licitação e que esse pagamento corresponde ao valor esperado do segundo menor custo dentre todos os participantes. ■

Obviamente, as realizações específicas para os pagamento podem ser maiores ou menores em uma licitação ou outra. O que será igual, neste caso, é o *valor esperado* para esses pagamentos nos diferentes tipos de licitações.

3.8 PREÇO DE RESERVA

Analizados os quatro tipos de licitações, vamos agora supor que o leiloeiro possui um preço de reserva ($r \in \Omega = [\underline{\omega}, \bar{\omega}]$), o qual estabelece que a compra do bem é realizada apenas se o valor do lance vencedor for igual ou inferior a r .

Avaliaremos o efeito dessa restrição nas estratégias dos participantes para cada formato de licitação, assim como o eventual impacto na receita esperada dos participantes e no pagamento esperado do leiloeiro.

3.8.1 Licitação Selada de Segundo Menor Preço

Em uma Licitação Selada de Segundo Menor Preço a adoção de um preço de reserva ocorrerá da seguinte maneira:

- i. Se todos os lances forem maiores do que r , o bem não será adquirido pelo leiloeiro;
- ii. Se dentre todos os lances existir pelo menos dois participantes com lances inferiores ou iguais a r , o competidor de menor lance vence e recebe o preço do segundo menor lance (com os devidos ajustes de randomização para empates);
- iii. Se apenas um lance for igual ou inferior a r , então o participante que realizou esse lance vence o leilão e recebe r pelo bem.

Proposição 3.5: *Fazer um lance igual ao seu próprio custo é uma estratégia fracamente dominante para todos os participantes na Licitação Selada de Segundo Menor Preço com Preço de Reserva. Ou seja, $\lambda_i^H(x_i) = x_i, \forall x_i \in X_i$, é uma estratégia fracamente dominante para cada participante $i = 1, \dots, N$.*

Demonstração:

Caso o participante tenha custo maior do que r , não será de seu interesse fornecer o bem, uma vez que isso lhe proporcionaria *payoff* negativo. Desta forma, fazer um lance igual ao seu próprio custo será melhor resposta, pois lhe garante *payoff* zero.

No caso do participante i possuir custo x_i menor que o preço de reserva, $x_i \leq r$, replicando o argumento utilizado na demonstração da **Proposição 3.1**, verificamos que fazer um lance diferente de seu próprio custo (seja esse lance superior ou inferior a tal custo) pode apenas piorar ou manter inalterado o seu *payoff*.

Concluimos então que um participante i , de custo x_i , não pode melhorar seu *payoff* *ex-post* desviando da estratégia de jogar “sinceramente” (fazer um lance equivalente ao seu custo real), ou seja, $\forall x_i \in X_i$, $\lambda_i^{II}(x_i) = x_i$ consiste em uma estratégia fracamente dominante. ■

Corolário 3.2: O perfil de estratégias $\lambda^{II} = (\lambda_1^{II}, \dots, \lambda_N^{II})$, em que $\lambda_i^{II}(x_i) = x_i$, $\forall i$ e $\forall x_i \in X_i$, consiste em um Equilíbrio de Nash Bayesiano em estratégias fracamente dominantes da Licitação Selada de Segundo Menor Preço com Preço de Reserva.

Para determinar a receita esperada *ínterim* de um determinado participante i no Equilíbrio de Nash Bayesiano indicado, notamos que são duas as possibilidades de vitória, com as respectivas receitas esperadas denominadas por $m_1^{II}(x_i; r)$ e $m_2^{II}(x_i; r)$. Analisamos cada um dos casos na sequência.

Situação 1

Participante i é o único com custo abaixo do preço de reserva. Neste caso temos:

$$m_1^{II}(x_i; r) = \text{prob}[x_i \text{ ser o único custo inferior a } r] \times r$$

$$m_1^{II}(x_i; r) = \text{prob} \left[M_1^{(n-1)}(x_{-i}) \geq r \right] \times r$$

$$m_1^{II}(x_i; r) = \left(1 - \text{prob} \left[M_1^{(n-1)}(x_{-i}) < r \right] \right) \times r$$

E, portanto:

$$m_1^{II}(x_i; r) = \left(1 - G^{(n-1)}(r) \right) \times r$$

Situação 2

Participante i não é o único com custo abaixo do preço de reserva. Nesta situação:

$$m_2^H(x_i; r) = \text{prob}[x_i \text{ ser menor custo}] \times E[\text{segundo menor custo} \mid x_i \text{ é menor custo}]$$

Procedendo de forma similar ao apresentado na Subseção 3.3.2, mas alterando o limite superior da integral, dado o preço de reserva, obtém-se:

$$m_2^H(x_i; r) = \left(1 - G^{(n-1)}(x_i)\right) \times \frac{1}{1 - G^{(n-1)}(x_i)} \times \int_{x_i}^r y g(y) dy$$

E, portanto:

$$m_2^H(x_i; r) = \int_{x_i}^r y g(y) dy$$

Note que não precisamos considerar o caso em que $x_i > r$, pois nessa situação, ao submeter um lance igual ao seu próprio custo (ou mesmo optando por não participar da licitação), temos que $m^H(x_i) = 0$.

Portanto, a receita esperada *ínterim* de um participante i , de custo x_i será:

$$m^H(x_i; r) = m_1^H(x_i; r) + m_2^H(x_i; r)$$

O que, por fim, fornece:

$$m^H(x_i; r) = r \times \left(1 - G^{(n-1)}(r)\right) + \int_{x_i}^r y g(y) dy$$

3.8.2 Licitação Selada de Menor Preço

Na Licitação Selada de Menor Preço a adoção de um preço de reserva ocorrerá da seguinte forma:

- i. Se todos os lances forem maiores do que r , o bem não será adquirido pelo leiloeiro;
- ii. Se dentre os lances houver pelo menos um participante com lance inferior ou igual a r , o objeto será adquirido pelo leiloeiro, que pagará ao vencedor (competidor de menor lance) o valor do seu lance (com as devidas randomização para empates).

Proposição 3.6: *Caso exista um equilíbrio simétrico, diferenciável e estritamente crescente na Licitação Selada de Menor Preço com Preço de Reserva, o perfil de estratégias $\lambda^I = (\lambda_1^I, \dots, \lambda_N^I)$ deste equilíbrio terá a seguinte forma:*

$$\lambda_i^I(x_i) = \lambda^I(x_i) = \frac{(1 - G^{(n-1)}(r)) \times r}{1 - G^{(n-1)}(x_i)} + \frac{1}{1 - G^{(n-1)}(x_i)} \times \int_{x_i}^r y g(y) dy$$

Ou, de forma equivalente:

$$\lambda^I(x_i) = E \left[\min\{r; M_1^{(n-1)}\} \mid x_i \leq M_1^{(n-1)} \right]$$

em que $M_1^{(n-1)} \equiv M_1^{(n-1)}(x_{-i})$.

Demonstração:

Como o maior preço aceito pelo leiloeiro é r , nenhum participante com custo $x_i > r$ pode obter *payoff* positivo participando da licitação. Portanto, a melhor resposta destes participantes será não participar do certame (ou simplesmente submeter um lance igual ao seu custo).

Sendo $\lambda^I = \lambda$ um equilíbrio simétrico e estritamente crescente desta licitação, devemos ter $\lambda(r) = r$ (um participante de custo $x_i = r$ não fará lance $b_i < r$, pois em caso de vitória obteria *payoff* negativo, e também não faria lance $b_i > r$, pois com essa estratégia não teria chance de vencer o certame).

Ou, de forma alternativa: para todo $x_i \leq r$, a melhor resposta de um participante envolve $b_i = \lambda(x_i) \leq r$, sendo que, para o lance ser ótimo, deve ser tal que $b_i = \lambda(x_i) \geq x_i$. Logo, tem-se que $x_i \leq \lambda(x_i) \leq r$. Tomando o limite, com $x_i \rightarrow r$, obtemos $\lambda(r) = r$.

Portanto, nesta situação a condição de contorno superior é alterada em relação ao caso sem preço de reserva.

Supomos então, para custos inferiores ou iguais a r , um Equilíbrio de Nash Bayesiano simétrico, diferenciável e estritamente crescente, que denominaremos por λ , com todos os demais competidores jogando segundo esse equilíbrio, e também que o participante i , que possui custo x_i , faz o lance b .

Neste caso, i vencerá a licitação apenas se $b < \lambda(x_j)$ para todo $j \neq i$, ou seja, $b < \min_{j \neq i} \lambda(x_j)$.

Como λ é estritamente crescente nos custos, i vencerá a licitação se, e somente se, $b < \lambda(\min_{j \neq i} x_j) = \lambda(M_1^{(n-1)}(x_{-i}))$, ou ainda, se $M_1^{(n-1)}(x_{-i}) > \lambda^{-1}(b)$.

Sendo assim, a probabilidade de vitória do participante i com o lance b é:

$$\text{prob}\left[M_1^{(n-1)}(x_{-i}) > \lambda^{-1}(b)\right] = 1 - \text{prob}\left[M_1^{(n-1)}(x_{-i}) < \lambda^{-1}(b)\right] = 1 - G^{(n-1)}(\lambda^{-1}(b))$$

Logo, sua utilidade esperada *interim* será:

$$UE(b; x_i) = [1 - G^{(n-1)}(\lambda^{-1}(b))] \times (b - x_i)$$

Supondo que essa função seja estritamente côncava, a maximização desta utilidade esperada nos fornece como Condição de Primeira Ordem (CPO):

$$-g(\lambda^{-1}(b)) \times \frac{d(\lambda^{-1}(b))}{db} \times (b - x_i) + [1 - G^{(n-1)}(\lambda^{-1}(b))] \times (1) = 0$$

Como em um equilíbrio simétrico teremos $b = \lambda(x_i)$, ou ainda, $x_i = \lambda^{-1}(b)$, obtemos, a partir da expressão acima, o seguinte:

$$-g(x_i) \times \frac{1}{\lambda'(x_i)} \times (\lambda(x_i) - x_i) + 1 - G^{(n-1)}(x_i) = 0$$

$$1 - G^{(n-1)}(x_i) = g(x_i) \times \frac{1}{\lambda'(x_i)} \times (\lambda(x_i) - x_i)$$

$$[1 - G^{(n-1)}(x_i)] \times \lambda'(x_i) = g(x_i) \lambda(x_i) - g(x_i) x_i$$

$$g(x_i) x_i = g(x_i) \lambda(x_i) - [1 - G^{(n-1)}(x_i)] \times \lambda'(x_i)$$

Ou, de forma equivalente:

$$g(x_i) x_i = -\frac{d}{dx} \left[(1 - G^{(n-1)}(x_i)) \lambda(x_i) \right]$$

Integrando os dois lados da expressão (no intervalo de x_i a r , dada a nova condição de contorno superior determinada previamente):

$$\int_{x_i}^r y g(y) dy = - \int_{x_i}^r d \left[(1 - G^{(n-1)}(y)) \lambda(y) \right]$$

$$\left[(1 - G^{(n-1)}(r)) \lambda(r) - (1 - G^{(n-1)}(x_i)) \lambda(x_i) \right] = - \int_{x_i}^r y g(y) dy$$

Como $\lambda(r) = r$:

$$(1 - G^{(n-1)}(x_i)) \lambda(x_i) - (1 - G^{(n-1)}(r)) r = \int_{x_i}^r y g(y) dy$$

Portanto:

$$\lambda(x_i) = \frac{(1 - G^{(n-1)}(r))r}{1 - G^{(n-1)}(x_i)} + \frac{1}{1 - G^{(n-1)}(x_i)} \times \int_{x_i}^r y g(y) dy$$

Ou ainda:

$$\lambda(x_i) = E \left[\min\{r; M_1^{(n-1)}\} \mid x_i \leq M_1^{(n-1)} \right]$$

Logo, em qualquer Equilíbrio de Nash Bayesiano simétrico, diferenciável e estritamente crescente da Licitação Selada de Menor Preço com Preço de Reserva, em que as distribuições dos custos dos competidores são tais que a função objetivo de um participante obtida a partir de sua utilidade esperada *ínterim* é estritamente côncava, as estratégias dos participantes terão o formato $\lambda(x_i) = E \left[\min\{r; M_1^{(n-1)}\} \mid x_i \leq M_1^{(n-1)} \right]$. ■

A **Proposição 3.6** estabelece que, se existir um equilíbrio simétrico, diferenciável e estritamente crescente na Licitação Selada de Menor Preço com Preço de Reserva, o perfil de estratégias $\lambda^I = (\lambda_1^I, \dots, \lambda_N^I)$ terá a forma apresentada. No entanto, precisamos mostrar também que, se todos os competidores jogam de acordo com λ , então é ótimo para um participante de custo x_i fazer um lance $b = \lambda(x_i)$.

Proposição 3.7: O perfil de estratégias $\lambda^I = (\lambda_1^I, \dots, \lambda_N^I)$ definido por:

$$\begin{aligned} \lambda_i^I(x_i) = \lambda^I(x_i) &= \frac{(1 - G^{(n-1)}(r)) \times r}{1 - G^{(n-1)}(x_i)} + \frac{1}{1 - G^{(n-1)}(x_i)} \times \int_{x_i}^r y g(y) dy \\ &= E \left[\min\{r; M_1^{(n-1)}\} \mid x_i \leq M_1^{(n-1)} \right] \end{aligned}$$

em que $M_1^{(n-1)} = M_1^{(n-1)}(x_{-i}) = \min_{j \neq i} x_j$, é um Equilíbrio de Nash Bayesiano simétrico, diferenciável e estritamente crescente da Licitação Selada de Menor Preço com Preço de Reserva.

Demonstração:

Conforme argumentos apresentados na **Proposição 3.6**, sendo $\lambda^I = \lambda$ um equilíbrio simétrico e estritamente crescente desta licitação, devemos ter $\lambda(r) = r$.

E, novamente, como o maior preço aceito pelo leiloeiro é r , nenhum participante com custo $x_i > r$ pode obter *payoff* positivo participando da licitação. Logo, a melhor

resposta destes participantes será não participar do certame (ou simplesmente submeter um lance igual ao seu custo).

Supomos então que o participante i , que possui custo $x_i \leq r$, faz um lance $b_i = b$, e que todos os demais competidores, com custos inferiores ou iguais a r , façam lances de acordo com $\lambda^I = \lambda$.

Seja $z = \lambda^{-1}(b)$ (como λ é estritamente crescente, trata-se de uma função que possui inversa). Então $b = \lambda(z)$ seria o lance realizado por um dos participantes caso ele tivesse custo z . Neste caso, i vencerá apenas se todos os demais competidores tiverem custos maiores que z (dado que λ é crescente no custo).

Seu *payoff* esperado então será:

$$\Pi(b; x_i) = \text{prob}[z \text{ ser menor custo}] \times (b - x_i) = \text{prob} \left[\min_{j \neq i} x_j \geq z \right] \times (b - x_i)$$

$$\Pi(b; x_i) = \left(1 - \text{prob} \left[\min_{j \neq i} x_j \leq z \right] \right) \times (\lambda(z) - x_i)$$

Como:

$$G^{(n-1)}(x_i) = \text{prob} \left[\min_{j \neq i} x_j \leq x_i \right]$$

Obtemos:

$$\Pi(b; x_i) = \left(1 - G^{(n-1)}(z) \right) \times (\lambda(z) - x_i) = \left(1 - G^{(n-1)}(z) \right) \lambda(z) - \left(1 - G^{(n-1)}(z) \right) x_i$$

Substituindo $\lambda(z)$ pela expressão indicada na proposição:

$$\begin{aligned} \Pi(b; x_i) &= \left(1 - G^{(n-1)}(z) \right) \times \left[\frac{\left(1 - G^{(n-1)}(r) \right) \times r}{1 - G^{(n-1)}(z)} + \frac{1}{1 - G^{(n-1)}(z)} \times \int_z^r y g(y) dy \right] \\ &\quad - \left(1 - G^{(n-1)}(z) \right) x_i \\ \Pi(b; x_i) &= \int_z^r y g(y) dy + \left(1 - G^{(n-1)}(r) \right) \times r - \left(1 - G^{(n-1)}(z) \right) x_i \end{aligned}$$

Resolvendo o primeiro termo da expressão através de integração por partes:

$$\begin{aligned} \Pi(b; x_i) &= (rG^{(n-1)}(r) - zG^{(n-1)}(z)) - \int_z^r G^{(n-1)}(y) dy + \left(1 - G^{(n-1)}(r) \right) \times r \\ &\quad - \left(1 - G^{(n-1)}(z) \right) x_i \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Pi(b; x_i) &= rG^{(n-1)}(r) - zG^{(n-1)}(z) - \int_z^r G^{(n-1)}(y) dy + r - rG^{(n-1)}(r) - x_i \\ &\quad + x_i G^{(n-1)}(z)\end{aligned}$$

$$\Pi(b; x_i) = r - x_i + x_i G^{(n-1)}(z) - zG^{(n-1)}(z) - \int_z^r G^{(n-1)}(y) dy$$

E, portanto:

$$\Pi(b; x_i) = r - x_i + G^{(n-1)}(z) \times [x_i - z] - \int_z^r G^{(n-1)}(y) dy = \Pi(\lambda(z), x_i)$$

Logo, tomando a diferença entre os *payoffs* que seriam obtidos com os lances $\lambda(x_i)$ e $\lambda(z)$ obtemos:

$$\Delta\Pi = \Pi(\lambda(x_i); x_i) - \Pi(\lambda(z); x_i)$$

$$\begin{aligned}\Delta\Pi &= r - x_i + G^{(n-1)}(x_i) \times [x_i - x_i] - \int_{x_i}^r G^{(n-1)}(y) dy - r + x_i \\ &\quad - G^{(n-1)}(z) \times [x_i - z] + \int_z^r G^{(n-1)}(y) dy\end{aligned}$$

$$\Delta\Pi = G^{(n-1)}(z) \times [z - x_i] - \int_{x_i}^r G^{(n-1)}(y) dy - \int_r^z G^{(n-1)}(y) dy$$

$$\Delta\Pi = G^{(n-1)}(z) \times [z - x_i] - \int_{x_i}^z G^{(n-1)}(y) dy$$

$$\Delta\Pi = \int_{x_i}^z G^{(n-1)}(z) dy - \int_{x_i}^z G^{(n-1)}(y) dy$$

$$\Delta\Pi = \int_{x_i}^z [G^{(n-1)}(z) - G^{(n-1)}(y)] dy \geq 0$$

$\therefore$ Se todos os demais competidores com custos inferiores ou iguais a r seguem a estratégia λ , um participante i , com custo $x_i \leq r$, não pode melhorar seu *payoff* desviando da estratégia de também jogar de acordo com λ , ou seja, de escolher como lance $b = \lambda(x_i)$. Logo, tem-se que a estratégia λ constitui um equilíbrio simétrico da Licitação Selada de Menor Preço com Preço de Reserva. ■

Notamos então que, para $r < \bar{\omega}$:

$$\int_r^{\bar{\omega}} y g(y) dy > \int_r^{\bar{\omega}} r g(y) dy = (1 - G^{(n-1)}(r))r$$

Portanto:

$$\begin{aligned}
 \lambda^I(x_i) &= \frac{(1 - G^{(n-1)}(r)) \times r}{1 - G^{(n-1)}(x_i)} + \frac{1}{1 - G^{(n-1)}(x_i)} \times \int_{x_i}^r y g(y) dy \\
 &= \frac{1}{1 - G^{(n-1)}(x_i)} \times \left(\int_r^{\bar{\omega}} r g(y) dy + \int_{x_i}^r y g(y) dy \right) \\
 &< \frac{1}{1 - G^{(n-1)}(x_i)} \times \left(\int_r^{\bar{\omega}} y g(y) dy + \int_{x_i}^r y g(y) dy \right) \\
 &= \frac{1}{1 - G^{(n-1)}(x_i)} \times \int_{x_i}^{\bar{\omega}} y g(y) dy = \lambda_{SPR}^I(x_i)
 \end{aligned}$$

Ou seja:

$$\lambda^I(x_i) < \lambda_{SPR}^I(x_i)$$

em que, aqui, $\lambda_{SPR}^I(x_i)$ corresponde ao lance de equilíbrio na Licitação Selada de Menor Preço sem Preço de Reserva.

Logo, verifica-se que para a Licitação Selada de Menor Preço a existência do preço de reserva reduz os lances daqueles que se interessam em fornecer o bem. Em contrapartida, elimina-se a possibilidade de adquirir o bem de eventuais participantes que possuam custo superior ao preço de reserva, o que pode diminuir o número de competidores ou até mesmo inviabilizar a licitação.

Nessa situação, a receita esperada *ínterim* de um determinado participante i , de custo x_i será:

$$\begin{aligned}
 m^I(x_i; r) &= \text{prob} [x_i \text{ ser menor custo}] \times \lambda(x_i) \\
 m^I(x_i; r) &= \text{prob} [x_i \text{ ser menor custo}] \times E \left[\min\{r; M_1^{(n-1)}\} \mid x_i \leq M_1^{(n-1)} \right] \\
 m^I(x_i; r) &= (1 - G^{(n-1)}(x_i)) \times \left(\frac{(1 - G^{(n-1)}(r)) r}{1 - G^{(n-1)}(x_i)} + \frac{1}{1 - G^{(n-1)}(x_i)} \times \int_{x_i}^r y g(y) dy \right) \\
 m^I(x_i; r) &= (1 - G^{(n-1)}(r)) r + \int_{x_i}^r y g(y) dy
 \end{aligned}$$

Que corresponde à mesma expressão obtida na Subseção 3.8.1 para $m^{II}(x_i; r)$.

Portanto:

$$m^I(x_i; r) = m^{II}(x_i; r) \equiv m(x_i; r)$$

Ou seja, as receitas esperadas *ínterim* de um determinado participante continuam sendo iguais nos dois tipos de licitações, o que, dada a equivalência

estratégica de cada um dos formatos selados (Licitação Selada de Menor Preço e Licitação Selada de Segundo Menor Preço) com um dos formatos abertos (Licitação Aberta Ascendente e Licitação Aberta Descendente, respectivamente), resulta nas receitas esperadas *ínterim* de um participante, também para os casos com preço de reserva, serem as mesmas nos quatro tipos tradicionais de licitações.

3.8.3 Comparação entre Pagamentos Esperados

A partir dos resultados estabelecidos para cada um dos formatos tradicionais na existência de preço de reserva, vamos agora comparar os pagamentos esperados para a situação em análise.

Proposição 3.8: *No modelo de valores privados, independentes e simétricos, os quatro formatos tradicionais de licitações geram, com preços de reserva, o mesmo pagamento esperado para o leiloeiro, sendo esse pagamento igual a:*

$$E[P] = N \times r \times (1 - G^{(n-1)}(r)) \times F(r) + G_2^{(n)}(r) \times E[M_2^{(n)} | M_2^{(n)} < r]$$

com $M_2^{(n)} = M_2^{(n)}(x) = \left(\min_{j \neq i} x_j \mid x_i = M_1^{(n)}(x) \right)$ e $G_2^{(n)}$ sendo a função de distribuição de probabilidades da variável aleatória $M_2^{(n)}$.

Demonstração:

Vimos que, para qualquer um dos quatro formatos tradicionais de licitações, com preço de reserva r , a receita esperada *ínterim* de um participante i , de custo x_i , será:

$$m(x_i; r) = (1 - G^{(n-1)}(r))r + \int_{x_i}^r y g(y) dy$$

Uma vez que o pagamento esperado do leiloeiro consiste, simplesmente, na soma das receitas esperadas *ex-ante* de todos os participantes, esse pagamento esperado, quando adotado preço de reserva, será o mesmo nos quatro formatos de licitações.

Como, neste caso, a receita esperada *ex-ante* de um participante de custo x será:

$$E[m(x; r)] = \int_{\underline{\omega}}^r m(x; r) f(x) dx$$

Obtemos:

$$E[m(x; r)] = \int_{\underline{\omega}}^r \left((1 - G^{(n-1)}(r))r + \int_x^r y g(y) dy \right) f(x) dx$$

Ou ainda:

$$E[m(x; r)] = (1 - G^{(n-1)}(r)) r \int_{\underline{\omega}}^r f(x) dx + \int_{\underline{\omega}}^r \left(\int_x^r y g(y) dy \right) f(x) dx$$

Invertendo a ordem de integração do segundo termo:

$$E[m(x; r)] = (1 - G^{(n-1)}(r)) r \int_{\underline{\omega}}^r f(x) dx + \int_{\underline{\omega}}^r \left(\int_{\underline{\omega}}^y f(x) dx \right) y g(y) dy$$

E, conseqüentemente:

$$E[m(x; r)] = r (1 - G^{(n-1)}(r)) (F(r) - F(\underline{\omega})) + \int_{\underline{\omega}}^r [F(y) - F(\underline{\omega})] y g(y) dy$$

Como $F(\underline{\omega}) = 0$:

$$E[m(x; r)] = r (1 - G^{(n-1)}(r)) F(r) + \int_{\underline{\omega}}^r F(y) y g(y) dy$$

Sendo assim, o pagamento esperado do leiloeiro será:

$$E[P] = N \times E[m(x; r)]$$

$$E[P] = N \times \left[r (1 - G^{(n-1)}(r)) F(r) + \int_{\underline{\omega}}^r F(y) y g(y) dy \right]$$

$$E[P] = r N (1 - G^{(n-1)}(r)) F(r) + \int_{\underline{\omega}}^r F(y) N y g(y) dy$$

Sendo $M_2^{(n)}(x)$ a variável aleatória que corresponde ao cálculo do segundo menor valor dentre as N realizações de custo dos participantes (ou seja, M_2 é a estatística de segunda menor ordem), sua função densidade de probabilidade equivale a²³:

$$g_2^{(n)}(y) = N \times g_1^{(n-1)} \times F(y)$$

em que $g_1^{(n-1)} \equiv g$. Então:

$$E[P] = r N (1 - G^{(n-1)}(r)) F(r) + \int_{\underline{\omega}}^r y g_2^{(n)}(y) dy$$

E, por fim, dado que:

$$E[M_2^{(n)} | M_2^{(n)} < r] = \frac{1}{G_2^{(n)}(r)} \int_{\underline{\omega}}^r y g_2^{(n)}(y) dy$$

Obtemos:

$$E[P] = N \times r \times (1 - G^{(n-1)}(r)) \times F(r) + G_2^{(n)}(r) \times E[M_2^{(n)} | M_2^{(n)} < r] \quad \blacksquare$$

²³ Ver Apêndice 14.1: Estatísticas de Segunda Menor Ordem.

Evidentemente, as realizações específicas para os pagamento podem ser maiores ou menores em uma licitação ou outra. O que será igual, neste caso, é o valor médio esperado para esses pagamentos nos diferentes tipos de licitações com preço de reserva.

3.9 ASSIMETRIA ENTRE OS PARTICIPANTES

Nesta seção abordaremos uma das possíveis fricções que podem ser consideradas a partir do modelo básico, flexibilizando a hipótese de Valores Simétricos. Ou seja, vamos analisar a situação em que os participantes são *ex-ante* assimétricos, isto é, possuem custos determinados por distribuições diferentes.

No caso da Licitação Selada de Segundo Menor Preço, a inclusão dessas assimetrias não impacta o comportamento dos participantes, uma vez que, como indicado na Subseção 3.3.1, o equilíbrio determinado para esse formato independe das hipóteses de Valores Independentes e Valores Simétricos. Sendo assim, os resultados verificados anteriormente permanecem válidos nas situações em que os participantes são *ex-ante* assimétricos. Ou seja, fazer um lance igual ao próprio custo continua sendo uma estratégia fracamente dominante e as alocações obtidas são eficientes. E, dado que a equivalência estratégica entre a Licitação Selada de Segundo Menor Preço e a Licitação Aberta Descendente depende apenas da hipótese de Valores Privados, a manutenção da validade dos resultados anteriores também se aplica para esta última.

Desta maneira, considerando sua equivalência estratégica com a Licitação Aberta Ascendente, podemos nos ater apenas à análise dos impactos das assimetrias na Licitação Selada de Menor Preço.

Iniciamos notando que, conforme destacado em Krishna (2010), e ao contrário do que ocorria nos casos em que os participantes eram *ex-ante* simétricos, ainda que existam equilíbrios para as situações envolvendo assimetrias, não há mais uma expressão única e geral para as estratégias em equilíbrio.

Para exemplificar, considere o caso com dois participantes, $N = 2$, que possuem custos X_1 e X_2 , que são independentemente distribuídos de acordo com, respectivamente, F_1 em $[\underline{\omega}_1, \bar{\omega}_1]$ e F_2 em $[\underline{\omega}_2, \bar{\omega}_2]$, sendo $\bar{\omega}_1 = \bar{\omega}_2 = \bar{\omega}$. Neste caso, $\bar{\omega}$ pode ser interpretado como o custo de fornecimento no caso da pior tecnologia disponível, ou como o custo máximo, no sentido de corresponder ao maior valor que

o leiloeiro estaria disposto a pagar pela aquisição do bem. Suponha ainda que os dois participantes sigam estratégias λ_1 e λ_2 .

De início verificamos que $\lambda_1(\bar{\omega}) = \lambda_2(\bar{\omega}) = \bar{\omega}$. Isso se deve ao fato de que, nesta situação, qualquer lance abaixo do custo seria dominado para ambos os participantes, uma vez que geraria *payoff* negativo em caso de vitória, e qualquer lance acima do custo não seria ótimo, pois, tratando-se do custo máximo admitido pelo leiloeiro, implicaria na ausência de probabilidade de vitória.

Temos ainda que $\lambda_1(\underline{\omega}_1) = \lambda_2(\underline{\omega}_2) = \underline{b}$. Caso contrário, se, por exemplo, $\lambda_1(\underline{\omega}_1) < \lambda_2(\underline{\omega}_2)$, então o participante 1 poderia fazer um incremento suficientemente pequeno em seu lance, aumentando seu *payoff* e ainda vencendo a licitação com probabilidade 1.

Logo, o *payoff* esperado do participante i , com custo x_i , quando faz um lance $b > \underline{b}$ será:

$$\Pi_i(b; x_i) = (b - x_i) \times \text{prob}[b \text{ ser menor lance}]$$

Suponha que λ_1 e λ_2 sejam crescentes, diferenciáveis e tenham inversas $\varphi_1 \equiv \lambda_1^{-1}$ e $\varphi_2 \equiv \lambda_2^{-1}$.

Sem perda de generalidade, fixe $i = 1$. Temos então que:

$$\begin{aligned} \text{prob}[b \text{ ser menor lance}] &= \text{prob}[b < \lambda_2(x_2)] = \text{prob}[\lambda_2^{-1}(b) < x_2] \\ &= \text{prob}[\varphi_2(b) < x_2] = 1 - \text{prob}[x_2 < \varphi_2(b)] = 1 - F_2(\varphi_2(b)) \end{aligned}$$

Portanto:

$$\Pi_1(b; x_1) = (b - x_1) \times [1 - F_2(\varphi_2(b))]$$

Ou ainda, sendo $H_2(b) \equiv F_2(\varphi_2(b)) = F_2(\lambda_2^{-1}(b))$, em que H_2 representa a distribuição dos lances do participante 2, temos:

$$\Pi_1(b; x_1) = (b - x_1) \times [1 - H_2(b)]$$

Supondo, para $\forall i$, $\Pi_i(b; x_i)$ estritamente côncava, a maximização deste *payoff* nos fornece como Condição de Primeira Ordem (CPO), para $b > \underline{b}$:

$$\frac{\partial \Pi_1(b; x_1)}{\partial b} = [1 - H_2(b)] + (b - x_1) \times [-h_2(b)] = 0$$

E, portanto:

$$1 - H_2(b) = h_2(b) \times (b - x_1)$$

De forma geral, com $i \neq j$, temos:

$$1 - H_j(b_i) = h_j(b_i) \times (b_i - x_i)$$

Uma vez que:

$$h_j(b_i) = \frac{dH_j(b_i)}{db} = \frac{dF_j(\varphi_j(b_i))}{db} = f_j(\varphi_j(b_i)) \times \varphi'_j(b_i)$$

Podemos reescrever o resultado anterior da seguinte maneira:

$$1 - F_j(\varphi_j(b_i)) = f_j(\varphi_j(b_i)) \times \varphi'_j(b_i) \times (b_i - x_i)$$

Como $b_i = \lambda_i(x_i)$, temos que $x_i = \lambda_i^{-1}(b_i) = \varphi_i(b_i)$ e, portanto:

$$\varphi'_j(b_i) = \frac{1 - F_j(\varphi_j(b_i))}{f_j(\varphi_j(b_i))} \times \frac{1}{(b_i - \varphi_i(b_i))}$$

A solução do sistema de equações diferenciais determinado pela expressão geral acima (uma equação para cada participante), em conjunto com as condições de contorno relevantes, constitui o equilíbrio para o caso em análise. Todavia, soluções para este sistema podem ser obtidas apenas para alguns casos especiais, nos quais impõe-se premissas adicionais e específicas em relação às assimetrias existentes entre os participantes. Apresentamos um destes casos na sequência.

Weakness Leads To Agression

Um resultado importante na situação de assimetria entre os participantes pode ser obtido impondo-se a premissa adicional de que custos de um dos participantes são estocasticamente superiores aos custos do outro em termos de *Hazard Rate*²⁴.

Para o caso com dois participantes, se os custos do participante 2 são estocasticamente superiores, em termos de *Hazard Rate*, aos custos do participante 1 (ou seja, F_2 domina F_1 em termos de *Hazard Rate*), são válidas as seguintes relações:

$$\underline{\omega}_2 \geq \underline{\omega}_1$$

$$\frac{f_2(z)}{1 - F_2(z)} < \frac{f_1(z)}{1 - F_1(z)} \quad \forall z \in [\underline{\omega}_2, \bar{\omega}_2]$$

²⁴ Ver Apêndice 14.3: Dominância Estocástica em termos de Hazard Rate (*Hazard Rate Dominance*).

O que, conseqüentemente, implica em:

$$F_2(z) \leq F_1(z) \quad \forall z \in [\underline{\omega}_2, \bar{\omega}_2]$$

$$E[X_2] \geq E[X_1]$$

Neste caso, denominamos o participante 1 como “forte” e o participante 2 como “fraco”, dado os custos esperados do primeiro serem menores.

Verificamos então que, nessa situação, conforme demonstrado na **Proposição 3.9**, o participante fraco irá fazer um lance mais agressivo do que o participante forte, no sentido que, para um mesmo custo x , o lance do participante fraco é inferior ao lance do participante forte, ou seja, $\lambda_2(x) < \lambda_1(x)$.

Proposição 3.9: *Em uma Licitação Selada de Menor Preço, com dois competidores ex-ante assimétricos, na qual a distribuição de custos de um participante domina a distribuição de custos do outro participante em termos de Hazard Rate, o participante mais fraco faz um lance mais agressivo do que o participante mais forte.*

Demonstração:

Sem perda de generalidade, suponha que F_2 domina F_1 em termos de *Hazard Rate*. Neste caso, o participante 1 será o competidor forte, enquanto o participante 2 será o competidor fraco e, portanto, queremos mostrar que $\forall x \in [\underline{\omega}_2, \bar{\omega}_2]$, $\lambda_2(x) < \lambda_1(x)$.

Primeiro notamos que, se existir um z tal que $\underline{b} < z < \bar{\omega}$ e $\varphi_1(z) = \varphi_2(z) \equiv x$ (lembrando que $\bar{\omega}_1 = \bar{\omega}_2 = \bar{\omega}$ e $\lambda_1(\underline{\omega}_1) = \lambda_2(\underline{\omega}_2) = \underline{b}$), então o sistema de equações diferenciais obtido anteriormente nos fornece, para $i = 1$:

$$\varphi'_1(b_2) = \frac{1 - F_1(\varphi_1(b_2))}{f_1(\varphi_1(b_2))} \times \frac{1}{(b_2 - \varphi_2(b_2))}$$

Como $\varphi_1(z) = \varphi_2(z) \equiv x$, temos que:

$$\varphi_1(z) = \lambda_1^{-1}(z) = x = \lambda_2^{-1}(z) = \varphi_2(z)$$

E, portanto:

$$b_1 = \lambda_1(x) = z = \lambda_2(x) = b_2$$

Utilizando os dois resultados anteriores na primeira expressão:

$$\varphi'_1(z) = \frac{1 - F_1(x)}{f_1(x)} \times \frac{1}{(z - x)}$$

De forma análoga, para $i = 2$, obtemos:

$$\varphi'_2(z) = \frac{1 - F_2(x)}{f_2(x)} \times \frac{1}{(z - x)}$$

Dada a dominância estocástica, em termos de *Hazard Rate*, de F_2 em relação à F_1 , vale que:

$$\frac{f_2(x)}{1 - F_2(x)} < \frac{f_1(x)}{1 - F_1(x)}$$

Ou, de forma equivalente:

$$\frac{1 - F_1(x)}{f_1(x)} < \frac{1 - F_2(x)}{f_2(x)}$$

O que, portanto, implica em:

$$\varphi'_1(z) < \varphi'_2(z)$$

Mas como:

$$\varphi'_i(z) = \frac{d(\lambda_i^{-1}(z))}{db} = \frac{1}{\lambda'_i(\lambda_i^{-1}(z))} = \frac{1}{\lambda'_i(\lambda_i^{-1}(\lambda_i(x)))} = \frac{1}{\lambda'_i(x)}$$

Então, a desigualdade $\varphi'_1(z) < \varphi'_2(z)$ resulta em:

$$\frac{1}{\lambda'_1(x)} < \frac{1}{\lambda'_2(x)}$$

E, por fim:

$$\lambda'_1(x) > \lambda'_2(x)$$

Logo, se as curvas λ_1 e λ_2 se cruzam, a primeira será mais inclinada que a segunda neste ponto e, portanto, elas se cruzam apenas uma vez (dado que λ_1 e λ_2 são crescentes e diferenciáveis).

Suponha então, por contradição, que existe $x \in [\underline{\omega}_2, \bar{\omega}_2]$ tal que $\lambda_2(x) > \lambda_1(x)$. Neste caso, são duas as possibilidades:

- As curvas λ_1 e λ_2 nunca se cruzam e $\lambda_2(x) > \lambda_1(x)$ em todo o domínio.
- As curvas λ_1 e λ_2 se cruzam uma única vez, em algum $t \in [\underline{\omega}_2, \bar{\omega}_2]$ e, portanto, para todo x tal que $t < x < \bar{\omega}_2$, temos que $\lambda_1(x) > \lambda_2(x)$.

Notamos que, nos dois casos, para todos os valores y próximos de $\underline{\omega}_2$ teremos $\lambda_2(y) > \lambda_1(y)$.

Dado que $\underline{\omega}_1 \leq \underline{\omega}_2$ (em função da dominância estocástica de F_2 em relação à F_1), verificamos que:

i. Se $\underline{\omega}_1 < \underline{\omega}_2$:

Como $\lambda_1(\underline{\omega}_1) = \lambda_2(\underline{\omega}_2)$, e dado que λ_1 e λ_2 são crescentes, temos que $\lambda_1(\underline{\omega}_2) > \lambda_2(\underline{\omega}_2)$. Mas $\lambda_1(y) < \lambda_2(y)$ para todos os valores y próximos de $\underline{\omega}_2$. Logo, temos uma contradição.

ii. Se $\underline{\omega}_1 = \underline{\omega}_2 = \underline{\omega}$:

Como $\lambda_1(\underline{\omega}_1) = \lambda_2(\underline{\omega}_2) = \underline{b}$, temos que $\underline{\omega}_1 = \lambda_1^{-1}(\underline{b}) = \varphi_1(\underline{b})$ e $\underline{\omega}_2 = \lambda_2^{-1}(\underline{b}) = \varphi_2(\underline{b})$. Uma vez que para todos os valores y próximos de $\underline{\omega}_2$ teremos $\lambda_2(y) > \lambda_1(y)$, em termos de φ_1 e φ_2 , para todos os valores b próximos de $\underline{b}$, temos que $\varphi_2(b) < \varphi_1(b)$.

Usando as equações diferenciais obtidas anteriormente, que nos fornecem:

$$1 - H_j(b_i) = h_j(b_i) \times (b_i - x_i)$$

Obtemos:

$$b_i - x_i = \frac{1 - H_j(b_i)}{h_j(b_i)}$$

Dado que $x_i = \lambda_i^{-1}(b_i) = \varphi_i(b_i)$:

$$\varphi_i(b_i) = b_i - \frac{1 - H_j(b_i)}{h_j(b_i)}$$

Logo, para valores b próximos de $\underline{b}$, em função da dominância estocástica de F_2 em relação à F_1 , lembrando que $H_1(b) = F_1(\varphi_1(b))$ e $H_2(b) = F_2(\varphi_2(b))$, temos:

$$b - \frac{1 - H_2(b)}{h_2(b)} < b - \frac{1 - H_1(b)}{h_1(b)}$$

E, portanto:

$$\varphi_1(b) < \varphi_2(b)$$

Mas $\varphi_2(b) < \varphi_1(b)$ para todos os valores b próximos de $\underline{b}$. Logo, temos outra contradição.

∴ Não existe $x \in [\underline{\omega}_2, \bar{\omega}_2]$ tal que $\lambda_2(x) > \lambda_1(x)$. ■

Como ressaltado anteriormente, para a Licitação Selada de Segundo Menor Preço e para a Licitação Aberta Descendente, a inclusão de assimetrias não impacta o comportamento dos participantes e, conseqüentemente, os resultados anteriormente obtidos subseções 3.3 e 3.4. No entanto, a **Proposição 3.9** mostra que,

para a Licitação Selada de Menor Preço e Licitação Aberta Ascendente, as assimetrias dos participantes podem resultar em alocações ineficientes.

No que diz respeito ao princípio da equivalência de receitas, esse deixa de ser válido na presença de assimetrias entre os competidores, sendo que nenhum ordenamento geral pode ser obtido para a comparação das receitas esperadas entre os diferentes formatos de licitação.²⁵

²⁵ Para maiores detalhes, incluindo alguns exemplos para o caso de leilões, ver Cap. 4 de Krishna (2010).

4. LICITAÇÕES MULTI-UNIDADES

As Licitações Multi-Unidades (ou Leilões Reversos Multi-Unidades) envolvem situações em que, como o próprio nome indica, o leiloeiro deseja realizar a compra de múltiplas unidades de um mesmo bem (K unidades), pelo menor preço possível, de N participantes que competem entre si, através de lances, pelo fornecimento destas unidades.

Neste caso, adotaremos as seguintes premissas para desenvolver os modelos discutidos neste capítulo:

- i. Todas as unidades são fisicamente idênticas;
- ii. O custo marginal associado à venda de uma determinada unidade é superior ao custo marginal associado à venda da unidade anterior (a curva de oferta é positivamente inclinada);
- iii. O leiloeiro adquire todas as unidades desejadas em um único processo (não necessariamente de um único participante).

Adicionalmente, os modelos irão tratar, exclusivamente, de licitações envolvendo múltiplas unidades discretas. Todavia, estes modelos se aplicam também para situações envolvendo unidades contínuas e perfeitamente divisíveis, com as extensões necessárias podendo ser obtidas de forma imediata e mantendo todas as propriedades essenciais identificadas para os casos discretos.

4.1 LICITAÇÕES MULTI-UNIDADES SELADAS

São três os principais formatos para Licitações Multi-Unidades Seladas, a saber:

- Licitação de Preço Discriminatório
- Licitação de Preço Uniforme
- Licitação de Vickrey

Em cada um destes formatos, com K unidades sendo demandadas pelo leiloeiro, cada um dos N participantes submete K lances b_k^i , satisfazendo $b_1^i \leq b_2^i \leq \dots \leq b_K^i$, de forma a indicar por quanto estariam dispostos a vender cada unidade.²⁶

²⁶ Neste capítulo os participantes passam a ser identificados a partir dos sobrescritos, enquanto os subscritos passam a ser utilizados para identificar as unidades.

Iremos nos referir a $\mathbf{b}^i = (b_1^i, b_2^i, \dots, b_K^i)$ como o vetor de lances de um determinado participante i .

Ao indicar o preço em função da quantidade a ser fornecida, o vetor $\mathbf{b}^i$ pode ser visto como uma função de oferta inversa, o que permite obter a função de oferta direta, $s^i: \mathbb{R}_+ \rightarrow \{1, 2, \dots, K\}$, com a quantidade a ser fornecida em função do preço:

$$s^i(p) \equiv \max\{k: b_k^i \leq p\}$$

em que a oferta de um participante é claramente não-decrescente nos preços.

Deste modo, submeter um vetor $\mathbf{b}^i$ equivale a submeter a função de oferta direta s^i .

Nos três formatos de licitações seladas mencionados, o leiloeiro recebe um total de $N \times K$ lances, com $\{b_k^i : i = 1, \dots, N; k = 1, \dots, K\}$, e as K unidades demandadas são adquiridas a partir dos K menores lances. O exemplo a seguir facilita o entendimento desse procedimento.

Exemplo 4.1: *Seja uma Licitação Selada Multi-Unidades com $N = 3$ participantes, na qual o leiloeiro deseja adquirir $K = 5$ unidades de um determinado bem e em que os lances submetidos pelos participantes são:*

$$\mathbf{b}^1 = (2, 9, 13, 25, 30)$$

$$\mathbf{b}^2 = (5, 6, 22, 35, 37)$$

$$\mathbf{b}^3 = (10, 14, 19, 21, 32)$$

Neste caso, os cinco menores lances são:

$$(b_1^1, b_1^2, b_2^2, b_2^1, b_1^3) = (2, 5, 6, 9, 10)$$

Portanto, o leiloeiro adquire duas unidades do participante 1, duas unidades do participante 2 e uma unidade do participante 3.

Uma curva de oferta agregada pode ser obtida adicionando-se horizontalmente as N curvas de ofertas individuais. Dado que o número de unidades a ser adquirida pelo leiloeiro é fixa, a curva de demanda será uma linha vertical em $D = 5$. ▲

Os três formatos principais anteriormente indicados alocam as transações de acordo com os K menores lances apresentados pelos participantes. A diferença entre

eles consiste na regra para determinação dos preços a serem pagos pelo leiloeiro, sendo estas regras caracterizadas em detalhes nas subseções a seguir.²⁷

4.1.1 Licitação de Preço Discriminatório

Em uma Licitação de Preço Discriminatório, cada participante recebe pela venda de suas unidades “vencedoras” o valor de seus respectivos lances. A receita (R^i) de um participante i será, portanto, igual à soma de seus k^i lances que estiverem, dentre os $N \times K$ lances submetidos, entre os K lances de menor valor:

$$R^i = \sum_{k=1}^{k^i} b_k^i$$

com $\{b_1^i, \dots, b_{k^i}^i\} \subset \mathbb{K}$, em que $\mathbb{K}$ consiste no conjunto que contém os K menores lances recebidos pelo leiloeiro.

Ou seja, temos uma discriminação perfeita de preço relativa às curvas de ofertas submetidas.

Esta regra de preço discriminatório também pode ser expressa em termos da demanda residual com a qual cada participante se depara. Neste caso, a demanda residual percebida pelo participante i é dada, para um determinado preço p , pela demanda total K subtraída pela quantidade de unidades atendida pelos demais participantes. Ou seja, temos a seguinte função demanda, não-crescente nos preços:

$$d^{-i}(p) = \max \left\{ 0; K - \sum_{j \neq i} s^j(p) \right\}$$

A Licitação de Preço Discriminatório é a extensão, para o caso de múltiplas unidades, da Licitação Selada de Menor Preço. Em particular, quando houver uma única unidade a ser adquirida pelo leiloeiro ($K = 1$), a Licitação de Preço Discriminatório se reduz à Licitação Selada de Menor Preço.

4.1.2 Licitação de Preço Uniforme

Em uma Licitação de Preço Uniforme todas as K unidades demandadas pelo leiloeiro são adquiridas ao preço em que a oferta iguala a demanda. Obviamente, em

²⁷ Diversas outras regras de preço podem ser determinadas, sendo que as opções disponíveis são praticamente ilimitadas. Por exemplo, uma variante para a regra de preço uniforme seria adotar a média de todos os lances vencedores para determinar o preço. No entanto, este trabalho irá focar nas regras que seriam as extensões naturais dos formatos tradicionais nos casos de uma única unidade.

modelos discretos existe a dificuldade em se estabelecer esse “*market clearing price*”, dado que qualquer preço entre o menor lance perdedor e o maior lance vencedor igualaria a oferta e a demanda. Adotaremos como regra, sem maiores prejuízos aos resultados apresentados, que o preço em questão se refere ao valor do menor lance perdedor.

Denotamos por c^{-i} o vetor K -dimensional dos lances competitivos com os quais o participante i se depara. Este vetor é obtido, basicamente, através do ordenamento dos $(N - 1) \times K$ lances b_k^j , com $j \neq i$, em ordem crescente, e da posterior seleção dos primeiros K lances.

Neste caso, o número de unidades que o participante i consegue vender é dado pelo número de lances competitivos que ele consegue derrotar. Por exemplo, para que ele venda exatamente uma unidade, devemos ter $b_1^i < c_K^{-i}$ e $b_2^i > c_{K-1}^{-i}$. De forma geral, um participante i vende exatamente $k^i > 0$ unidades se, e somente se:

$$b_{k^i}^i < c_{K-k^i+1}^{-i} \text{ e } b_{k^i+1}^i > c_{K-k^i}^{-i}$$

Notamos que a demanda residual $d^{-i}(p)$ com a qual o participante i se depara também pode ser expressa em termos do vetor de lances competitivos c^{-i} :

$$d^{-i}(p) = K - \max\{k: c_k^{-i} \leq p\}$$

Sendo assim, o lance perdedor mais baixo e, portanto, o “*market clearing price*”, será:

$$p = \min\{b_{k^i+1}^i; c_{K-k^i+1}^{-i}\}$$

Ou ainda:

$$p = \min_i\{b_{k^i+1}^i\}$$

E, neste caso, dada a regra de preço uniforme, se um participante i vende k^i unidades, sua receita (R^i) será:

$$R^i = k^i \times p$$

Exemplo 4.2: Retomando o caso do **Exemplo 4.1**, com $N = 3$ participantes, no qual o leiloeiro deseja adquirir $K = 5$ unidades de um determinado bem e em que os lances submetidos pelos participantes são:

$$b^1 = (2, 9, 13, 25, 30)$$

$$b^2 = (5, 6, 22, 35, 37)$$

$$b^3 = (10, 14, 19, 21, 32)$$

Considerando a regra de preço-uniforme e fixando o caso do participante 1, temos que o vetor de lances competitivos com o qual ele se depara é dado por:

$$c^{-1} = (b_1^2, b_2^2, b_1^3, b_2^3, b_3^3) = (5, 6, 10, 14, 19)$$

Como $b_1^1 < c_5^{-1}$, $b_2^1 < c_4^{-1}$ e $b_3^1 > c_3^{-1}$, o participante 1 vende duas unidades. Sendo b_3^1 o lance perdedor mais baixo, o preço obtido na licitação será $p = 13$, o que fornece ao participante 1 uma receita total $R^1 = 26$. Neste caso, o valor total pago pelo leiloeiro pelas 5 unidades será $P^L = N \times p = 5 \times 13 = 65$. ▲

Ainda que a Licitação de Preço Uniforme se reduza à Licitação Selada de Segundo Menor Preço nos casos em que houver uma única unidade a ser adquirida pelo leiloeiro ($K = 1$), esse formato não é a extensão, para o caso de múltiplas unidades, da Licitação Selada de Segundo Menor Preço. Isto ocorre porque, conforme será verificado nas subseções a seguir, ela não herda propriedades econômicas e estratégicas importantes que são verificadas na Licitação Selada de Segundo Menor Preço.²⁸

4.1.3 Licitação de Vickrey

Na Licitação de Vickrey, um participante i , que vende k^i unidades, recebe como pagamento o valor dos k^i menores lances perdedores dentre os lances dos demais competidores.

O princípio básico adotado é similar ao princípio subjacente no Mecanismo de Vickrey-Clarke-Groves (VCG)²⁹, mas utilizado de uma maneira “invertida”.³⁰ Sendo assim, nas Licitações de Vickrey cada participante recebe uma quantia equivalente à externalidade positiva que exerce no processo, dado que, em sua ausência, os preços vencedores eventualmente seriam mais elevados.

A origem deste formato pode ser ligada a Vickrey (1961), que o apresenta como alternativa a alguns dos problemas associados aos leilões de preço discriminatório e leilões de preço uniforme, principalmente no que diz respeito a questões de eficiência.

²⁸ O detalhamento e a discussão acerca das propriedades econômicas mencionadas são apresentados na Subseção 4.3.3.

²⁹ Ver Cap. 5 de Krishna (2010) ou Cap. 9 de Jehle e Reny (2011).

³⁰ No caso de leilões, e não de licitações, o princípio adotado seria o mesmo do mecanismo VCG, com cada participante pagando uma quantia equivalente à externalidade negativa que exerce nos demais competidores.

Novamente denotamos por c^{-i} o vetor K -dimensional dos lances competitivos com os quais o participante i se depara.

Para vender uma primeira unidade, o menor lance do participante i deve derrotar o lance competitivo mais elevado, ou seja, $b_1^i < c_K^{-i}$. Já para vender uma segunda unidade, deve-se ter $b_2^i < c_{K-1}^{-i}$, para vender uma terceira unidade, $b_3^i < c_{K-2}^{-i}$, e assim por diante. De forma geral, para vender a k -ésima unidade, seu k -ésimo menor lance deve vencer o k -ésimo maior lance competitivo, $b_k^i < c_{K-k+1}^{-i}$, e, portanto, para vender exatamente $k^i > 0$ unidades deve-se ter:

$$b_{k^i}^i < c_{K-k^i+1}^{-i} \text{ e } b_{k^i+1}^i > c_{K-k^i}^{-i}$$

No que diz respeito à receita, a regra da Licitação de Vickrey estabelece que o participante i recebe c_K^{-i} pela primeira unidade vendida, c_{K-1}^{-i} pela segunda e assim por diante. De forma geral, se o participante i vence em k^i unidades sua receita (R^i) será:

$$R^i = \sum_{k=1}^{k^i} c_{K-k^i+k}^{-i}$$

Exemplo 4.3: Retomando o caso do **Exemplo 4.1**, com $N = 3$ participantes, no qual o leiloeiro deseja adquirir $K = 5$ unidades de um determinado bem e em que os lances submetidos pelos participantes são:

$$b^1 = (2, 9, 13, 25, 30)$$

$$b^2 = (5, 6, 22, 35, 37)$$

$$b^3 = (10, 14, 19, 21, 32)$$

Considerando agora a regra da Licitação de Vickrey e fixando o caso do participante 1, temos que o vetor de lances competitivos com o qual ele se depara é dado por:

$$c^{-1} = (b_1^2, b_2^2, b_1^3, b_2^3, b_3^3) = (5, 6, 10, 14, 19)$$

Mais uma vez, como $b_1^1 < c_5^{-1}$, $b_2^1 < c_4^{-1}$ e $b_3^1 > c_3^{-1}$, o participante 1 venderá duas unidades. No entanto, neste caso ele recebe $p_1^1 = 19$ pela primeira unidade e $p_2^1 = 14$ pela segunda unidade, obtendo uma receita total $R^1 = 33$.

No caso do participante 2, obtemos:

$$c^{-2} = (2, 9, 10, 13, 14)$$

Ou seja, o participante 2 também continua vendendo duas unidades, agora recebendo $p_1^2 = 14$ pela primeira unidade e $p_2^2 = 13$ pela segunda unidade, obtendo, portanto, uma receita total $R^2 = 27$.

Por fim, no caso do participante 3, obtemos:

$$c^{-3} = (2,5,6,9,13)$$

Sendo que o participante 3 venderá apenas uma unidade, recebendo por ela $p_1^3 = 13$ e obtendo uma receita $R^3 = 13$.

Neste caso, o valor total pago pelo leiloeiro pelas 5 unidades do bem será $P^L = R^1 + R^2 + R^3 = 73$. ▲

Assim como a Licitação de Preço Uniforme, a Licitação de Vickrey também se reduz à Licitação Selada de Segundo Menor Preço nos casos com uma única unidade a ser adquirida pelo leiloeiro ($K = 1$). Todavia, conforme será verificado nas subseções a seguir, a Licitação de Vickrey compartilha importantes propriedades econômicas e estratégicas observadas na Licitação Selada de Segundo Menor Preço, sendo, portanto, sua extensão para o caso de múltiplas unidades.³¹

4.2 LICITAÇÕES MULTI-UNIDADES ABERTAS

Como seria de se esperar, as três modalidades seladas apresentadas na Seção 4.1 possuem formatos abertos equivalentes, a saber:

- Licitação Multi-Unidades Holandesa;
- Licitação Multi-Unidades Inglesa;
- Licitação de Ausubel.

Na sequência caracterizaremos em detalhes cada um destes formatos.

4.2.1 Licitação Multi-Unidades Holandesa

Na Licitação Multi-Unidades Holandesa (ou Licitação Multi-Unidades Aberta Ascendente), o leiloeiro inicia o certame anunciando um preço suficientemente baixo, de forma que nenhum participante tenha interesse em vender nenhuma unidade a esse preço. Na sequência, o leiloeiro vai aumentando o preço gradualmente, até que algum participante indique o interesse em vender, ao preço corrente, alguma unidade (ou algumas unidades). Essas unidades são adquiridas pelo valor em questão e a

³¹ O detalhamento e a discussão acerca das propriedades econômicas mencionadas são apresentados na Subseção 4.3.1.

licitação continua, sempre com o preço sendo elevado gradativamente, até que todas as K unidades sejam adquiridas.

Trata-se de um formato de licitação que possui resultado equivalente à Licitação de Preço Discriminatório, no sentido que, se cada participante se comporta de acordo com um vetor de lances b^i , então o resultado obtido a partir desse formato é o mesmo que seria alcançado caso os participante submetessem os vetores b^i em uma Licitação de Preço Discriminatório.

No entanto, é fácil notar que, ao contrário do que ocorre em cenários com uma única unidade, no caso de múltiplas unidades a Licitação Holandesa não é estrategicamente equivalente à Licitação de Preço Discriminatório. Isso se deve ao fato da Licitação Holandesa revelar informações durante o certame, fazendo com que, em uma situação de valores interdependentes³², quando um participante sinaliza sua disposição de vender alguma unidade a determinado preço, tem-se um sinal que pode ser utilizado pelos demais competidores para atualizar seus próprios valores. Evidentemente, isso não é possível na Licitação de Preço Discriminatório, uma vez que nessa nenhuma informação é revelada durante o certame.

Contudo, dado que, em situações de valores privados, será irrelevante qualquer informação obtida a partir do comportamento dos outros participantes, sob tal hipótese os dois formatos são estrategicamente equivalentes e, portanto, nos referimos às duas licitações como fracamente equivalentes.

4.2.2 Licitação Multi-Unidades Inglesa

Na Licitação Multi-Unidades Inglesa (ou Licitação Multi-Unidades Aberta Descendente), o leiloeiro inicia o certame anunciando um preço suficientemente elevado, de forma que todos os participante tenham interesse em vender todas as suas unidade a esse valor. O leiloeiro vai então reduzindo o preço gradualmente, sendo que a cada redução os participantes informam quantas unidades estão dispostos a vender ao preço corrente (ou seja, informam suas ofertas, em quantidade, para o novo preço anunciado). Naturalmente, conforme o preço vai diminuindo, os participantes vão reduzindo suas ofertas (uma vez que as curvas de oferta são positivamente inclinadas). A licitação termina quando o número total de unidades

³² A hipótese de valores interdependentes relaxa a premissa de valores privados do modelo básico, permitindo que outros competidores possuam informações que sejam relevantes na valoração do bem realizada por um determinado participante.

ofertadas for exatamente K , com todas as unidades sendo adquiridas ao último preço anunciado (aquele que igualou a oferta total à K).

A Licitação Multi-Unidades Inglesa e a Licitação de Preço Uniforme são equivalentes, em termos de resultado, de forma similar à descrita anteriormente para a Licitação Multi-Unidades Holandesa e a Licitação de Preço Discriminatório. No entanto, novamente trata-se de uma equivalência fraca, dado que as informações reveladas pelo formato aberto não estão disponíveis em sua contraparte selada. Mas, assim como anteriormente, sob a hipótese de valores privados, uma vez que as informações reveladas a partir do comportamento dos outros participantes não são relevantes, os dois formatos passam a ser estrategicamente equivalentes.

4.2.3 Licitação de Ausubel

Neste formato o leiloeiro inicia o certame anunciando um preço alto o suficiente, de forma que todos os participante tenham interesse em vender todas as suas unidades a esse valor. O leiloeiro vai então reduzindo o preço gradualmente e, a cada redução, os participantes indicam sua oferta $s^i(p)$ ao preço corrente p . Novamente, dado que as curvas de oferta são positivamente inclinadas, a quantidade ofertada diminui à medida que o preço vai sendo reduzido. As unidades são adquiridas de acordo com o seguinte procedimento:

- i. A cada preço anunciado, a demanda residual com a qual cada participante i se depara é computada conforme:

$$d^{-i}(p) = \max \left\{ 0; K - \sum_{j \neq i} s^j(p) \right\}$$

Evidentemente, quando o preço é suficientemente alto, $d^{-i}(p) = 0$ para todo i (assim como $s^i(p) > 0$ para todo i).

- ii. O leiloeiro reduz o preço gradualmente até que alcance um valor p' em que, para ao menos um participante, a demanda residual seja tal que $d^{-i}(p') > 0$. Então, de todo participante i com $d^{-i}(p') > 0$, $d^{-i}(p')$ unidades são adquiridas ao preço p' .
- iii. O preço volta a ser reduzido gradualmente até atingir um valor p'' em que, para ao menos um participante, a demanda residual verificada seja superior à anterior, ou seja, $d^{-i}(p'') > d^{-i}(p')$. Então, de todo

participante i com $d^{-i}(p'') > d^{-i}(p')$, $d^{-i}(p'') - d^{-i}(p')$ unidades são adquiridas ao preço p'' .

- iv. O processo segue dessa maneira até que as K unidades demandadas pelo leiloeiro sejam adquiridas.

Em resumo, temos um procedimento em que os bens são adquiridos sempre que ocorrer um salto na demanda residual de algum participante, pois, neste momento, um ou mais competidores reduziram a quantidade que estariam dispostos a fornecer ao preço corrente. Essa licitação pode ser vista como uma alternativa à Licitação Multi-Unidades Inglesa, sendo equivalente, em termos de resultado, à Licitação de Vickrey (a regra de precificação implícita é a mesma nos dois formatos).

Conforme destacado em Krishna (2010), uma outra forma de visualizar o funcionamento da Licitação de Ausubel é pensando na oferta de cada unidade como uma reivindicação de venda. Quando o preço é alto, o número de reivindicações de venda excede a demanda total do leiloeiro e, portanto, nenhuma unidade é adquirida. Conforme o preço vai sendo reduzido, o número de reivindicações também vai diminuindo, e essa dinâmica prossegue até o instante em que, do ponto de vista de um determinado participante, o número de vendas reivindicadas pelos demais competidores é inferior à demanda. Neste momento dizemos que o participante em questão conquistou uma venda, dado que, independentemente do que aconteça no restante do processo, existe ao menos uma venda que não será reivindicada pelos demais competidores.

Exemplo 4.4: Considere a situação descrita no **Exemplo 4.1**, mas agora utilizando uma Licitação de Ausubel. Novamente temos um certame com $N = 3$ participantes, em que o leiloeiro deseja adquirir $K = 5$ unidades de um determinado bem e no qual as curvas de oferta dos participantes são caracterizadas pelos seguintes vetores de preços:

$$s^1 = (2, 9, 13, 25, 30)$$

$$s^2 = (5, 6, 22, 35, 37)$$

$$s^3 = (10, 14, 19, 21, 32)$$

De forma a facilitar a exposição, note que a oferta concorrente com a qual cada um dos participantes se depara é dada, em preços por cada unidade, por:

$$S^{-1} = \{5, 6, 10, 14, 19, \dots\}$$

$$S^{-2} = \{2, 9, 10, 13, 14, \dots\}$$

$$S^{-3} = \{2, 5, 6, 9, 13, \dots\}$$

Seja $p_0 = 40$ o preço inicial anunciado pelo leiloeiro.

Como a esse preço todos os participantes estariam dispostos a vender todas as suas unidades, obtemos:

$$d^{-1}(40) = 0$$

$$d^{-2}(40) = 0$$

$$d^{-3}(40) = 0$$

Verifica-se, de maneira imediata, que o cenário permanece inalterado, com $d^{-i}(p) = 0 \forall i$, até que o preço alcance $p_1 = 19$. Neste ponto, ao reduzir marginalmente o preço por $\varepsilon > 0$, tem-se que $d^{-1}(19 - \varepsilon) = 1$. Sendo assim, o participante 1 vende uma primeira unidade por $p_1 = 19$.

A próxima alteração ocorre com o preço $p_2 = 14$, para o qual verifica-se que $d^{-1}(14 - \varepsilon) = 2$ e que $d^{-2}(14 - \varepsilon) = 1$. Logo, o participante 1 e o participante 2 vendem, cada um, uma unidade ao preço $p_2 = 14$.

Seguindo com o processo, verificamos nova alteração com o preço $p_3 = 13$, para o qual tem-se $d^{-2}(13 - \varepsilon) = 2$ e que $d^{-3}(13 - \varepsilon) = 1$. Logo, o participante 2 e o participante 3 vendem, cada um, uma unidade ao preço $p_3 = 13$, totalizando assim as cinco unidades demandadas pelo leiloeiro.

Ao final do processo obtemos:

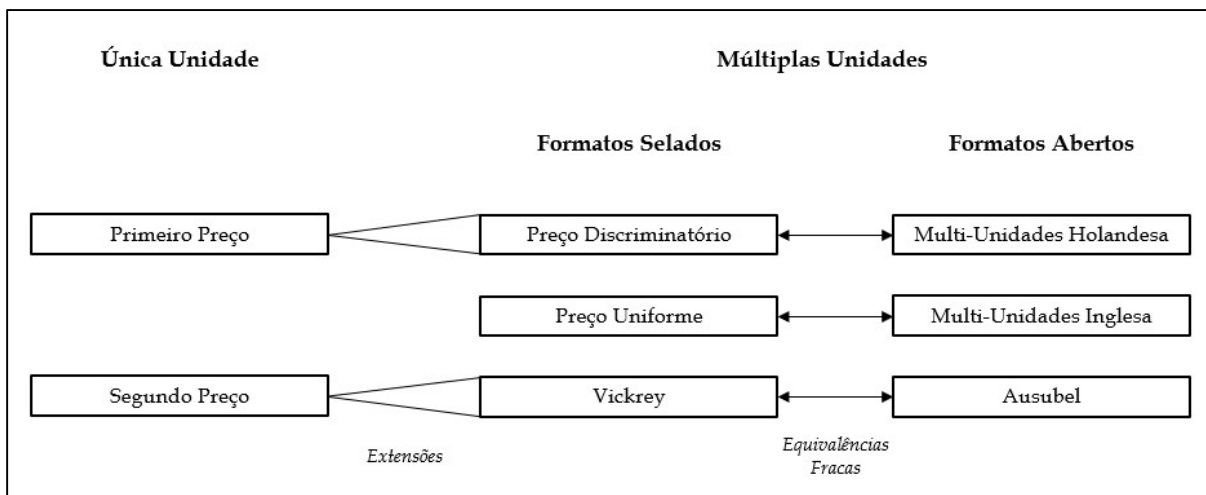
- O participante 1 vende duas unidades, aos preços $p_1 = 19$ e $p_2 = 14$, respectivamente, obtendo uma receita total $R^1 = 33$.
- O participante 2 vende duas unidades, aos preços $p_2 = 14$ e $p_3 = 13$, respectivamente, obtendo uma receita total $R^2 = 27$.
- O participante 3 vende uma única unidade, ao preço $p_3 = 13$, obtendo uma receita $R^3 = 13$.

E, portanto, o valor total a ser pago pelo leiloeiro, pelas 5 unidades, será $P^L = R^1 + R^2 + R^3 = 73$, resultado similar ao que havia sido obtido com a Licitação de Vickrey no **Exemplo 4.3**, em acordo com a mencionada equivalência de resultados entre os dois formatos. ▲

Podemos resumir as relações apresentadas ao longo das duas últimas subseções da maneira indicada na Figura 2, sendo que, onde indica-se “*equivalências*”

fracas”, trata-se de equivalências que, em geral, valem apenas para os casos de valores privados (de forma que as informações reveladas nos formatos abertos não sejam relevantes).

Figura 2 – Extensões e equivalências entre os formatos de licitações



Fonte: Adaptado de Krishna (2010)

4.3 EQUILÍBRIO E EFICIÊNCIA

Uma vez caracterizados os formatos de licitações para as situações envolvendo múltiplas unidades, vamos analisar como cada um desses formatos afeta o comportamento dos participantes, os possíveis equilíbrios e a eficiência dos resultados.

Considere um modelo básico de valores privados, independentemente distribuídos e simétricos, com N participantes neutros ao risco e K unidades idênticas demandadas por um leiloeiro também neutro ao risco e sem restrições orçamentárias, em que:

- Os custos de um participante para prover cada uma das unidades é dado por um vetor $\mathbf{X}^i = (X_1^i, \dots, X_K^i)$, em que X_k^i representa o custo marginal referente a venda da k -ésima unidade. Ou seja, o custo total do participante i pelo fornecimento de $k^i \leq K$ unidades é dado por $\sum_{j=1}^{k^i} X_j^i$.
- Os custos marginais são crescentes no número de unidades vendidas, de forma que: $X_1^i \leq \dots \leq X_K^i$.
- Cada $\mathbf{X}^i$ é identicamente e independentemente distribuído no conjunto Ψ , em que $[\underline{\omega}, \bar{\omega}] \in \mathbb{R}_+$, de acordo com a função densidade de probabilidade f :

$$\Psi = \{x \in [\underline{\omega}, \bar{\omega}]^K: \forall k, x_k \leq x_{k+1}\}$$

Assim como realizado anteriormente para os lances, podemos inverter o vetor de custos de cada participante de forma a obter sua curva de oferta “real”, $\delta^i(p)$, definida por:

$$\delta^i(p) \equiv \max\{k: x_k^i \leq p\}$$

Uma variação importante deste modelo diz respeito às situações de “oferta restrita”, em que, apesar de serem demandadas K unidades pelo leiloeiro, cada participante consegue fornecer no máximo $L < K$ unidades (ou não possui interesse em fornecer um número maior de unidades). Neste caso, o suporte de f é o conjunto:

$$\Psi(L) = \{x \in [\underline{\omega}, +\infty]^K: \forall k, x_k \leq x_{k+1}; \forall k \leq L, x_k \in [\underline{\omega}, \bar{\omega}]; \forall k > L, x_k > \bar{\omega}\}$$

Tal como considerado na Seção 3.9, $\bar{\omega}$ pode ser interpretado como o custo de fornecimento no caso da pior tecnologia disponível, ou como o custo máximo, no sentido de corresponder ao maior valor que o leiloeiro estaria disposto a pagar pela aquisição do bem, de forma que não há razão para um participante fornecer mais do que L unidades. Nessa situação podemos supor que cada participante submete um lance b^i correspondente a um vetor L -dimensional.

Por fim, uma vez que estamos adotando como hipótese uma configuração de valores privados, qualquer equilíbrio identificado para um dos formatos selados possuirá um equilíbrio equivalente no formato aberto correspondente (os formatos são fracamente equivalentes). Logo, na sequência nos limitaremos a analisar apenas os resultados dos formatos selados, sendo esses resultados, frente ao modelo considerado, imediatamente extensíveis aos formatos abertos equivalentes.

4.3.1 Licitação de Vickrey

Em uma Licitação de Vickrey, cada um dos N participantes submete uma oferta b^i , que corresponde a um vetor K -dimensional, com um lance para cada uma das K unidades demandadas. Os K menores lances, dentre todos os $N \times K$ submetidos, são os vencedores e suas unidades são adquiridas pelo leiloeiro.

A receita (R^i) de um participante i que consegue vender k^i unidades será:

$$R^i = \sum_{k=1}^{k^i} c_{K-k^i+k}^{-i}$$

em que c^{-i} é o vetor K -dimensional de lances competitivos com o qual o participante i se depara.

Novamente, vale a pena visualizar a situação em termos de preços, notando que:

$$p_k^i \equiv c_{K-k+1}^{-i}$$

em que p_k^i corresponde ao valor recebido pelo participante i pela venda da k -ésima unidade, com $p_1^i \geq \dots \geq p_{k^i}^i$.

Proposição 4.1: *Fazer uma oferta em que o lance para cada unidade seja igual ao seu custo é uma estratégia fracamente dominante para todos os participantes na Licitação de Vickrey. Ou seja, $\beta^V(x) = x$ consiste em uma estratégia fracamente dominante para cada participante $i = 1, \dots, N$.³³*

Demonstração:

Considere o participante i , de custos x^i , e os lances b^{-i} submetidos pelos demais competidores. Seja c^{-i} o vetor correspondente aos K menores valores dentre os lances dos demais participantes.

Suponha que quando i submete o lance $b^i = x^i$ ele vende k^i unidades. De acordo com a regra de pagamento da Licitação de Vickrey, ele irá receber, para todo $k \leq k^i$, $p_k = c_{K-k+1}^{-i} \geq x_k^i$.

Note que, dada a regra de alocação do formato:

$$\forall k \leq k^i: p_k = c_{K-k+1}^{-i} \geq x_k^i$$

$$\forall k > k^i: p_k = c_{K-k+1}^{-i} \leq x_k^i$$

Neste caso:

- i. Se i faz um lance $b^i \neq x^i$ tal que ele venda o mesmo número de unidades k^i que venderia fazendo um lance de acordo com a estratégia $\beta^V(x^i) = x^i$, seu *payoff* não se altera, uma vez que o valor recebido pelas k^i unidades é determinado pelos valores constantes no vetor c^{-i} de lances competitivos.
- ii. Se i submete um lance $b^i \neq x^i$ tal que ele venda um número maior de unidades, $\bar{k}^i > k^i$, o valor recebido pelas primeiras k^i unidades permanece inalterado. No entanto, para toda unidade $k > k^i$, o valor recebido p_k será inferior (no melhor

³³ O sobrescrito V na função $\beta^V(x)$ indica tratar-se de uma estratégia para um formato de Vickrey.

caso, igual) ao k -ésimo custo marginal x_k^i , pois $p_k = c_{K-k+1}^{-i} \leq x_k^i$ para todo $k > k^i$, gerando prejuízo na respectiva unidade (no melhor caso, ganho nulo). Logo, o *payoff* total será inferior (ou, no melhor caso, igual) ao que seria obtido com a estratégia $\beta^V(x^i) = x^i$.

- iii. Por fim, se i submete um lance $b^i \neq x^i$ para o qual ele vende um número menor de unidades, $\underline{k}^i < k^i$, o valor recebido pelas primeiras $\underline{k}^i$ unidades permanece inalterado. No entanto, nessa situação o participante deixa de receber os ganhos referentes às k unidades em que $\underline{k}^i < k \leq k^i$, que eram todos positivos (ou, no pior dos casos, nulos). Portanto, o participante não pode ficar em melhor situação com esse lance.

$\therefore$ O participante i não pode melhorar seu *payoff ex-post* desviando da estratégia de jogar “sinceramente” (fazer um lance de acordo com seus custos reais). Ou seja, $\beta^V(x) = x$ consiste em uma estratégia fracamente dominante. ■

Assim como no caso da Licitação Selada de Segundo Menor Preço para uma única unidade, apresentado na Seção 3.3, o equilíbrio descrito na **Proposição 4.1** é obtido via uma análise *ex-post*. Logo, independe das distribuições F_i e, conseqüentemente, independe das hipóteses de Valores Independentes e Valores Simétricos (a única premissa que continua sendo relevante é a de Valores Privados).

Adicionalmente, uma consequência imediata da estratégia dominante identificada na **Proposição 4.1** para a Licitação de Vickrey diz respeito às K unidades demandadas pelo leiloeiro serem adquiridas a partir dos K custos mais baixos disponíveis. Isso faz com que este seja um mecanismo eficiente e nos fornece o importante resultado enunciado na **Proposição 4.2**.

Proposição 4.2: *O equilíbrio obtido na Licitação de Vickrey tem como característica a provisão de cada uma das unidades demandadas pelo leiloeiro através do participante que incorre em menor custo para fazê-lo. Portanto, trata-se de um mecanismo eficiente.*

Demonstração: Corolário da **Proposição 4.1**.

Deste modo, em uma configuração de valores privados, a Licitação de Vickrey herda as propriedades econômicas e estratégicas observadas para a Licitação Selada de Segundo Menor Preço, com jogar “sinceramente” consistindo em uma estratégia

fracamente dominante e fornecendo alocações eficientes como resultado.³⁴ Neste sentido, trata-se do formato que corresponde à extensão da Licitação Selada de Segundo Menor Preço para o caso de múltiplas unidades.

4.3.2 Considerações sobre Eficiência em Licitações Multi-Unidades

A obtenção de resultados para as Licitações de Preço Uniforme e Licitações de Preço Discriminatório envolve uma complexidade mais elevada em relação ao que foi verificado para a Licitação de Vickrey na subseção anterior. Por esse motivo, antes de proceder com as análises de equilíbrio e eficiência para esses formatos, destacamos algumas restrições estabelecidas pelo requisito de eficiência para as estratégias de equilíbrio em licitações com múltiplas unidades.

Suponha que os vetores de custos X^i de todos os participantes pertencem ao conjunto Ψ anteriormente definido:

$$\Psi = \{x \in [\underline{\omega}, \bar{\omega}]^K : \forall k, x_k \leq x_{k+1}\}$$

com $[\underline{\omega}, \bar{\omega}] \in \mathbb{R}_+$ e no qual a função densidade de probabilidade de X^i , designada por f , possui *suporte pleno*.

Em qualquer uma das Licitação Multi-Unidades consideradas (Preço Discriminatório, Preço Uniforme ou Vickrey), a estratégia de um participante i consiste em uma função de forma:³⁵

$$\beta^i: \Psi \rightarrow \mathbb{R}_+^K \text{ tal que } \forall k: \beta_k^i(x^i) \leq \beta_{k+1}^i(x^i)$$

E, em todas essas licitações, as K unidades demandadas pelo leiloeiro serão adquiridas a partir dos K menores lances dentre os $N \times K$ lances $\beta_k^i(x^i)$ recebidos.

Como o requisito de eficiência exige que as K unidades sejam vendidas pelos K menores custos dentre os $N \times K$ custos marginais x_k^i , para que um equilíbrio seja eficiente com qualquer realização de custos dos participantes, o ordenamento dos $N \times K$ lances $\beta_k^i(x^i)$ deve coincidir com o ordenamento dos $N \times K$ custos marginais x_k^i .

³⁴ Em um contexto de valores privados essas propriedades da Licitação de Vickrey também se estendem à Licitação de Ausubel. Neste caso, reduzir a oferta de acordo com a função de oferta real será uma estratégia fracamente dominante e os resultados obtidos também serão eficientes.

³⁵ Neste capítulo as funções referentes às estratégias dos participantes passam a ser representadas por β , de maneira a diferenciá-las das funções pertinentes aos casos com uma única unidade, que foram representadas por λ .

Colocado de outra forma, a condição de eficiência requer que:

$$\forall i, j, k, p: \beta_k^i(x^i) > \beta_p^j(x^j) \text{ se, e somente se } x_k^i > x_p^j$$

Esse resultado possui duas implicações imediatas, expressas pela **Proposição 4.3** e pela **Proposição 4.4** apresentadas a seguir.

Proposição 4.3: *Para que um equilíbrio seja eficiente, o lance de um participante i para a k -ésima unidade, $\beta_k^i(x^i)$, não pode depender do custo de outra unidade $p \neq k$.*

Demonstração:

Suponha, por absurdo, que este não seja o caso.

Notamos que, com probabilidade positiva, haverá situações em que $\beta_k^i(x^i)$ é o K -ésimo lance mais baixo e algum outro participante j submete um lance $\beta_k^j(x^j)$ que é o $K+1$ -ésimo lance mais baixo, ou seja, o lance logo acima de $\beta_k^i(x^i)$.

Neste caso, se $\beta_k^i(x^i)$ depende do custo de outras unidades (hipótese de absurdo), então existe uma mudança na realização do custo x_p^i , de uma determinada unidade $p \neq k$, digamos $x_p^i - \varepsilon$, com $\varepsilon > 0$, que afeta o lance de i de tal forma que $\beta_k^i(x_{-p}^i, x_p^i - \varepsilon) > \beta_k^j(x^j)$, mas em que ε é suficientemente pequeno para que a alocação que inicialmente seria eficiente não seja alterada (neste caso, a K -ésima unidade deveria continuar sendo fornecida pelo participante i a partir de seu lance realizado para a k -ésima unidade). Nessa situação, a alocação de equilíbrio será ineficiente.

$\therefore$ Eficiência requer que as estratégias sejam separáveis nos custos, ou seja, o lance de um participante para a k -ésima unidade pode depender apenas de seu k -ésimo custo marginal. ■

Proposição 4.4: *Para que um equilíbrio seja eficiente, os diferentes componentes da estratégia devem ser simétricos entre participantes e entre unidades, isto é, $\forall i, j, k, p: \beta_k^i(\cdot) = \beta_p^j(\cdot)$.*

Demonstração:

Suponha, por absurdo, que este não seja o caso.

Considere, sem perda de generalidade, que $\beta_1^i(x) < \beta_1^j(x)$ e que $\beta_1^i(x)$ corresponde ao K -ésimo lance mais baixo da licitação. Dado que as duas estratégias são contínuas, existe $\varepsilon > 0$, pequeno o suficiente, tal que $\beta_1^i(x_{-1}, x_1 + \varepsilon) < \beta_1^j(x_{-1}, x_1 - \varepsilon)$. Mas então

a alocação resultante será ineficiente, pois o participante i venderá a K -ésima unidade apesar de possuir custo mais elevado para esse fornecimento do que o participante j . Ou seja, se $i \neq j$, com probabilidade positiva haverá situações em que $x_k^i > x_p^j$ mas $\beta_k^i(x_k^i) < \beta_p^j(x_p^j)$.

∴ O requisito de eficiência exige que as estratégias sejam simétricas entre participantes e entre unidades. ■

Tomando os resultados da **Proposição 4.3** e **Proposição 4.4** em conjunto e, considerando qualquer formato padrão de licitação multi-unidades³⁶, obtém-se que, se um equilíbrio for eficiente, então suas estratégias devem mapear os custos dos participantes em lances a partir de uma função única e crescente, conforme enunciado pela **Proposição 4.5**.

Proposição 4.5: *Para os formatos padrões de licitações multi-unidades, um equilíbrio será eficiente se, e somente se, as estratégias para os lances forem simétricas e separáveis em relação aos participantes e em relação às unidades, ou seja, se existir uma função crescente β tal que, para todo i, k , $\beta_k^i(x^i) = \beta(x_k^i)$.*

Demonstração: Segue das **Proposição 4.3** e **Proposição 4.4**.

4.3.3 Licitação de Preço Uniforme

Conforme mencionado anteriormente na Subseção 4.1.2, ainda que a Licitação de Preço Uniforme se reduza à Licitação Selada de Segundo Menor Preço nos casos em que houver uma única unidade a ser adquirida pelo leiloeiro, em geral a primeira não herda as propriedades econômicas e estratégicas verificadas para a segunda (em situações de múltiplas unidades essas propriedades são herdadas pela Licitação de Vickrey). De fato, as condições exigidas pela **Proposição 4.5** não são atendidas pela Licitação de Preço Uniforme e, conseqüentemente, seus resultados são, em geral, ineficientes.

Utilizando os resultados apresentados em Bresky (2000), assim como a equivalência entre leilões e licitações, obtemos que, em um modelo de valores privados, independentes e simétricos, as Licitações de Preço Uniforme possuem equilíbrio em estratégias puras. No entanto, uma expressão única e geral para essas

³⁶ Por formato padrão de licitação multi-unidades nos referimos a qualquer formato em que as K unidades demandadas pelo leiloeiro são adquiridas a partir do K menores lances.

estratégias não pode ser determinada, o que nos obriga a proceder de forma indireta para obter as características importantes que sejam válidas nestes equilíbrio, permitindo, assim, determinar os atributos economicamente relevantes do formato.

Inicialmente lembramos que, sendo c^{-i} o vetor de lances competitivos com o qual o participante i se depara em uma Licitação de Preço Uniforme, esse participante vende exatamente $k^i > 0$ unidades se, e somente se:

$$b_{k^i}^i < c_{K-k^i+1}^{-i} \text{ e } b_{k^i+1}^i > c_{K-k^i}^{-i}$$

Desta forma, o lance perdedor mais baixo e, portanto, o preço ao qual todas as unidades são vendidas, será:

$$p = \min\{b_{k^i+1}^i; c_{K-k^i+1}^{-i}\}$$

Tendo em mente essas caracterizações, algumas propriedades do comportamento dos participantes, em equilíbrio, podem ser obtidas, conforme apresentado na **Proposição 4.6** e na **Proposição 4.7**.

Proposição 4.6: *Em uma Licitação de Preço Uniforme, os lances para uma determinada unidade não podem, em equilíbrio, ser inferiores ao seu respectivo custo marginal, isto é, $b_k^i \geq x_k^i \forall i, k$.*

Demonstração:

Suponha, por contradição, que este não seja o caso. Ou seja, existe algum participante i que, para uma determinada unidade k , faz um lance $b_k^i < x_k^i$.

Neste caso, afirmamos que essa estratégia é fracamente dominada pela estratégia $b_k^i = x_k^i$.³⁷

Seja p o preço no qual as unidades estão sendo adquiridas (no caso, o valor do menor lance perdedor).

Notamos então que:

- i. Se $b_k^i = p$, então o participante i está vendendo $k - 1$ unidades e aumentar seu lance para x_k^i pode apenas melhorar sua situação, pois, além de permanecer vendendo as mesmas $k - 1$ unidades, se b_k^i continuar sendo o menor lance perdedor, essa mudança elevará o preço das unidades vendidas.

³⁷ Note que, com base nos mesmos argumento apresentados, podemos demonstrar que, se houver outro lance b_{k+1}^i tal que $b_k^i \leq b_{k+1}^i < x_k^i$, esse lance também será elevado para x_k^i .

- ii. Se $b_k^i > p$, então aumentar seu lance para x_k^i não gera qualquer alteração para o participante i , que continua vendendo o mesmo número de unidades que antes, ao mesmo preço de venda que já era válido anteriormente.
- iii. Se $b_k^i < x_k^i < p$, então aumentar o lance para x_k^i não gera alterações para o participante i , que continua vendendo até sua k -ésima unidade, com preço de venda permanecendo inalterado.
- iv. Se $b_k^i < p < x_k^i$, então o participante i está incorrendo em uma perda com a venda da k -ésima unidade e, portanto, ficaria melhor aumentando seu lance para x_k^i e deixando de vender essa unidade. Neste caso, se essa mudança não altera o menor lance perdedor, as demais unidades continuam sendo vendidas ao mesmo preço. No entanto, se a retirada de b_k^i dos lances vencedores altera o menor lance perdedor, as demais unidades passam ainda a ser vendidas a um preço superior.

∴ O participante i não pode melhorar seus resultados fazendo um lance, para uma determinada unidade, abaixo de seu respectivo custo marginal (e, em contrapartida, não seguir essa estratégia pode gerar resultados piores). ■

Proposição 4.7: *Em uma Licitação de Preço Uniforme o lance para a primeira unidade deve ser igual ao seu custo, isto é, $b_1^i = x_1^i$ para todo participante $i = 1, \dots, N$.*

Demonstração:

Suponha, por contradição, que este não seja o caso. Como a **Proposição 4.6** nos fornece que, $\forall i, k, b_k^i \geq x_k^i$, nessa situação devemos ter algum participante i que faz um lance $b_1^i > x_1^i$.

Afirmamos que essa estratégia é fracamente dominada pela estratégia $b_1^i = x_1^i$.

Seja p o preço no qual as unidades estão sendo adquiridas (no caso, o valor do menor lance perdedor).

Notamos então que:

- i. Se $p \leq x_1^i < b_1^i$, então o participante i não está vendendo nenhuma unidade e essa situação não se altera se ele reduzir seu lance para x_1^i .
- ii. Se $x_1^i < p \leq b_1^i$, então novamente o participante i não está vendendo nenhuma unidade mas, neste caso, ao reduzir seu lance para x_1^i , ele passa a vender uma unidade a um preço que lhe garante *payoff* positivo.

- iii. Se $x_1^i < b_1^i < p$, então a redução do lance para x_1^i não ocasiona qualquer alteração para o participante i , que continua vendendo sua primeira unidade ao preço p .

∴ O participante i não pode melhorar seus resultados fazendo um lance para a primeira unidade diferente de $b_1^i = x_1^i$ (e, em contrapartida, não seguir essa estratégia pode gerar resultados piores). ■

No entanto, ao contrário do que a **Proposição 4.7** indica para o lance da primeira unidade, em uma Licitação de Preço Uniforme os participantes possuem incentivos para, nas demais unidades, fazer lances superiores aos seus respectivos custos. Esse comportamento, denominado “sombreamento” dos lances e apresentado na **Proposição 4.8**, também pode ser visto como uma “Redução de Oferta”, uma vez que submeter um vetor $\mathbf{b}^i \geq \mathbf{x}^i$, com $\mathbf{b}^i \neq \mathbf{x}^i$, corresponde a submeter uma curva de oferta s^i em que, para algum preço p , a quantidade ofertada $s^i(p)$ será inferior à “oferta real” que seria obtida a partir dos custos do participante. Essa, inclusive, é a principal característica que distingue a Licitação de Preço Uniforme da Licitação de Vickrey em um contexto de múltiplas unidades.

Proposição 4.8: *Todo equilíbrio em uma Licitação de Preço Uniforme será caracterizado por apresentar, para todo participante $i = 1, \dots, N$, lance para a primeira unidade igual ao seu respectivo custo e lances para as demais unidades superiores aos seus custos. Ou seja, haverá “sombreamento” de lances nos equilíbrios do formato e, como resultado, existirá redução de oferta.*

Demonstração:

Analisaremos o caso em que apenas duas unidades são demandadas pelo leiloeiro ($K = 2$), mas notamos que o argumento desenvolvido para a redução de oferta pode ser generalizado para qualquer K (considerar um número maior de unidades apenas adiciona maior complexidade na notação e na manipulação dos termos).

Sendo assim, suponha $K = 2$ e também que a função densidade de probabilidade de X^i , designada por f , possui *suporte pleno* no conjunto Ψ definido previamente.

Seja $\beta = (\beta_1, \beta_2)$ um equilíbrio simétrico³⁸ desta Licitação de Preço Uniforme que satisfaz $\beta(\bar{\omega}) = \bar{\omega}$.³⁹

Sem perda de generalidade, fixe $i = 1$ e denomine esse participante por $P1$.

Sejam os custos marginais de $P1$ dados por $x = (x_1, x_2)$, com $x_1 < x_2$.

Suponha que $P1$ faça um lance $b = (b_1, b_2)$ e que todos os demais participantes sigam a estratégia β .

Seja $c = (c_1, c_2)$ o vetor de lances competitivos com o qual $P1$ se depara, em que $c_1 < c_2$, e suponha que a distribuição da variável aleatória C referente a esses lances competitivos tenha função densidade de probabilidade em Ψ dada por h .⁴⁰

Seja p o preço no qual as unidades estão sendo adquiridas (no caso, o valor do menor lance perdedor).

Neste caso, o *payoff* esperado de $P1$ será:

$$\Pi(b; x) = \text{prob}[P1 \text{ vender 1 un.}] \times (p - x_1) + \text{prob}[P1 \text{ vender 2 un.}] \times (2p - x_1 - x_2)$$

$$\Pi(b; x) = \text{prob}[b_1 < c_2 \wedge b_2 > c_1] \times (p - x_1) + \text{prob}[b_2 < c_1] \times (2p - x_1 - x_2)$$

Na situação em que $P1$ vende apenas uma unidade, o lance perdedor mais baixo e, portanto, o preço ao qual todas as unidades são vendidas, será $p = \min\{b_2, c_2\}$. Já

no caso em que $P1$ vende duas unidades, o preço será $p = c_1$. Desta forma:

$$\begin{aligned} \Pi(b; x) = & \text{prob}[b_1 < c_2 \wedge b_2 > c_1] \times (\min\{b_2, c_2\} - x_1) \\ & + \text{prob}[b_2 < c_1] \times (2c_1 - x_1 - x_2) \end{aligned}$$

Ou, de maneira equivalente:

$$\Pi(b; x) = \int_{\{c: b_1 < c_2 \wedge b_2 > c_1\}} (\min\{b_2, c_2\} - x_1) h(c) dc + \int_{\{c: b_2 < c_1\}} (2c_1 - x_1 - x_2) h(c) dc$$

³⁸ A opção por já considerar um equilíbrio simétrico se deve ao resultado obtido na **Proposição 4.5**, que nos diz que essa característica corresponde a um requisito para que o resultado da licitação seja eficiente.

³⁹ Novamente $\bar{\omega}$ pode ser interpretado como o custo de fornecimento no caso da pior tecnologia disponível ou como o custo máximo, no sentido de corresponder ao maior valor que o leiloeiro estaria disposto a pagar pela aquisição do bem. O argumento para considerarmos aqui $\beta(\bar{\omega}) = \bar{\omega}$ é idêntico ao apresentado na Seção 3.9.

⁴⁰ Conforme Krishna (2010), ainda que essa premissa seja importante para a demonstração apresentada, a redução de oferta independe da hipótese de que a distribuição dos lances competitivos admita função densidade de probabilidade em Ψ dada por h , ou seja, esse comportamento irá se manifestar mesmo em situações nas quais as estratégias gerem pontos de massa na distribuição dos lances competitivos.

Sejam H_1 e H_2 as distribuições de probabilidade, respectivamente, do lance competitivo mais baixo C_1 e do lance competitivo mais alto C_2 , com densidades h_1 e h_2 . Neste caso, temos o seguinte:

- i. Probabilidade de $P1$ derrotar os dois lances competitivos e vender duas unidades:

$$\text{prob}[b_2 < C_1] = 1 - \text{prob}[C_1 < b_2] = 1 - H_1(b_2)$$

- ii. Probabilidade de $P1$ derrotar o pior lance competitivo e vender pelo menos uma unidade:

$$\text{prob}[b_1 < C_2] = 1 - \text{prob}[C_2 < b_1] = 1 - H_2(b_1)$$

Desta maneira, a probabilidade de $P1$ vender apenas uma unidade será:

$$\text{prob}[P1 \text{ vender 1 un.}] = \text{prob}[P1 \text{ vender pelo menos 1 un.}] - \text{prob}[P1 \text{ vender 2 un.}]$$

$$\text{prob}[P1 \text{ vender 1 un.}] = 1 - H_2(b_1) - 1 + H_1(b_2)$$

$$\text{prob}[P1 \text{ vender 1 un.}] = H_1(b_2) - H_2(b_1)$$

Adicionalmente, a probabilidade de que o menor lance perdedor seja b_2 (ou seja, $p = b_2$) será:⁴¹

$$\text{prob}[b_2 = \text{menor lance perdedor}] = \text{prob}[C_1 < b_2 < C_2] = H_1(b_2) - H_2(b_2)$$

Utilizando os resultados acima e, considerando $\Pi(\mathbf{b}; \mathbf{x}) = \Pi_1(\mathbf{b}; \mathbf{x}) + \Pi_2(\mathbf{b}; \mathbf{x})$, obtemos para $\Pi_1(\mathbf{b}; \mathbf{x})$:

$$\Pi_1(\mathbf{b}; \mathbf{x}) = \text{prob}[P1 \text{ vender 1 un.}] \times (p - x_1)$$

$$\Pi_1(\mathbf{b}; \mathbf{x}) = [H_1(b_2) - H_2(b_1)] \times (\min\{b_2, c_2\} - x_1)$$

$$\Pi_1(\mathbf{b}; \mathbf{x}) = [H_1(b_2) - H_2(b_1)] \times (\min\{b_2, c_2\}) - [H_1(b_2) - H_2(b_1)] \times (x_1)$$

Como a probabilidade de que $\min\{b_2, c_2\} = b_2$ é dada por $H_1(b_2) - H_2(b_2)$, então:⁴²

$$\Pi_1(\mathbf{b}; \mathbf{x}) = [H_1(b_2) - H_2(b_2)] \times (b_2) + \int_{b_1}^{b_2} c_2 h_2(c_2) dc_2 - [H_1(b_2) - H_2(b_1)] \times (x_1)$$

Obtemos também, agora para $\Pi_2(\mathbf{b}; \mathbf{x})$:

$$\Pi_2(\mathbf{b}; \mathbf{x}) = \text{prob}[P1 \text{ vender 2 un.}] \times (2p - x_1 - x_2)$$

⁴¹ Neste caso não há necessidade de considerar a probabilidade de $b_1 < C_2$, pois $b_1 < b_2$ e, portanto, $b_2 < C_2$ implica na validade da primeira desigualdade.

⁴² Note que, ao considerarmos da forma apresentada, apesar de não termos $[H_1(b_2) - H_2(b_1)]$ multiplicando os dois primeiros termos da expressão, a probabilidade de vender apenas uma unidade fica implícita na abordagem utilizada para esses termos.

$$\begin{aligned}
\Pi_2(\mathbf{b}; \mathbf{x}) &= [1 - H_1(b_2)] \times (2 \times E[c_1 | c_1 > b_2] - x_1 - x_2) \\
\Pi_2(\mathbf{b}; \mathbf{x}) &= [1 - H_1(b_2)] \times \left(2 \times \left(\frac{1}{1 - H_1(b_2)} \int_{b_2}^{\bar{\omega}} c_1 h_1(c_1) dc_1 \right) - x_1 - x_2 \right) \\
\Pi_2(\mathbf{b}; \mathbf{x}) &= 2 \times \left(\int_{b_2}^{\bar{\omega}} c_1 h_1(c_1) dc_1 \right) - [1 - H_1(b_2)] \times (x_1 + x_2)
\end{aligned}$$

Desta forma:

$$\begin{aligned}
\Pi(\mathbf{b}; \mathbf{x}) &= \Pi_1(\mathbf{b}; \mathbf{x}) + \Pi_2(\mathbf{b}; \mathbf{x}) \\
\Pi(\mathbf{b}; \mathbf{x}) &= [H_1(b_2) - H_2(b_2)] \times (b_2) + \int_{b_1}^{b_2} c_2 h_2(c_2) dc_2 - [H_1(b_2) - H_2(b_1)] \times (x_1) \\
&\quad + 2 \times \left(\int_{b_2}^{\bar{\omega}} c_1 h_1(c_1) dc_1 \right) - [1 - H_1(b_2)] \times (x_1 + x_2)
\end{aligned}$$

Derivando tudo em relação a b_2 :

$$\begin{aligned}
\frac{\partial \Pi(\mathbf{b}; \mathbf{x})}{\partial b_2} &= [h_1(b_2) - h_2(b_2)] \times (b_2) + [H_1(b_2) - H_2(b_2)] + b_2 h_2(b_2) - h_1(b_2) x_1 \\
&\quad - 2 b_2 h_1(b_2) + h_1(b_2) x_1 + h_1(b_2) x_2
\end{aligned}$$

Logo:

$$\frac{\partial \Pi(\mathbf{b}; \mathbf{x})}{\partial b_2} = h_1(b_2) x_2 - h_1(b_2) b_2 + [H_1(b_2) - H_2(b_2)]$$

Ou ainda:

$$\frac{\partial \Pi(\mathbf{b}; \mathbf{x})}{\partial b_2} = h_1(b_2) (x_2 - b_2) + [H_1(b_2) - H_2(b_2)]$$

Mas então, quando $b_2 = x_2$:

$$\left. \frac{\partial \Pi(\mathbf{b}; \mathbf{x})}{\partial b_2} \right|_{b_2=x_2} = [H_1(b_2) - H_2(b_2)] = \text{prob}[C_1 < b_2] - \text{prob}[C_2 < b_2] > 0$$

Ou seja, o participante pode aumentar seu *payoff* “sombreando” seu lance para a segunda unidade.

∴ O lance de equilíbrio para a segunda unidade deve ser tal que $b_2 > x_2$. ■

Uma análise dos resultados obtidos permite um melhor entendimento dos incentivos para o “sombreamento” a partir da segunda unidade. Especificamente no

caso de duas unidades (que pode ser generalizado para um número de unidades quaisquer), uma redução em b_2 tem dois efeitos no *payoff* do participante:

- i. Aumenta a probabilidade do participante ser o vencedor para a segunda unidade.

Para que isso ocorra, b_2 deve ficar abaixo do menor lance competitivo c_1 , sendo que um pequeno decréscimo em b_2 aumenta essa probabilidade através de $h_1(b_2)$, pois:

$$\text{prob}[b_2 < C_1] = 1 - \text{prob}[C_1 < b_2] = 1 - H_1(b_2)$$

Logo:

$$\downarrow b_2 \Rightarrow \downarrow \text{prob}[C_1 < b_2] \Rightarrow \downarrow H_1(b_2) \Rightarrow \uparrow (1 - H_1(b_2)) \Rightarrow \uparrow \text{prob}[b_2 < C_1]$$

- ii. Diminui a receita esperada para a venda da primeira unidade.

Isso se deve ao fato de que, com probabilidade $[H_1(b_2) - H_2(b_2)] > 0$, o valor do lance para a segunda unidade será o menor lance perdedor e, portanto, determinará o preço da primeira unidade.

No entanto, quando b_2 está perto de x_2 , o segundo efeito domina o primeiro, o que proporciona incentivos para o participante sombrear seu lance e aumentar b_2 de forma que $b_2 > x_2$.⁴³

Em outras palavras, a probabilidade positiva de todo lance do participante, com exceção do primeiro, ter potencial para determinar o preço a ser recebido pelas demais unidades eventualmente vendidas, resulta no “sombreamento” de lances, e consequente redução de oferta, verificado na Licitação de Preço Uniforme. No caso da Licitação de Vickrey, como os lances de um participante não influenciam os preços a serem recebidos, servindo apenas para determinar o número de unidades a ser vendida, esse comportamento não é observado.

Considerando os resultados da **Proposição 4.8** nos quais verificamos que, em uma Licitação de Preço Uniforme, estratégias associadas a diferentes unidades serão diferentes, uma vez que não há “sombreamento” de lances para a primeira unidade, mas que o “sombreamento” ocorre para as demais unidade, podemos invocar os resultados obtidos com a **Proposição 4.5** e chegar à conclusão apresentada na **Proposição 4.9**.

⁴³ Ver Cap. 13 de Krishna (2010).

Proposição 4.9: *Nos casos em que a oferta dos participantes não é unitária, todos os equilíbrios de uma Licitação de Preço Uniforme são ineficientes.*

Demonstração: Segue da **Proposição 4.5** e **Proposição 4.8**.

O **Exemplo 4.5** apresentado a seguir, adaptado de Krishna (2010)⁴⁴, ajuda ilustrar as situações envolvendo “sombreamento” de lances, indicando, inclusive, que esse comportamento pode ser acentuado quando o número de participantes for pequeno em relação ao número de unidades a serem adquiridas pelo leiloeiro.

Exemplo 4.5: *Considere o caso em que o leiloeiro deseja adquirir duas unidades ($K = 2$) e existem dois participantes ($N = 2$) com vetores de custo X identicamente e independentemente distribuídos de acordo com a função densidade de probabilidade $f(x) = 1$ em $\Psi = \{x \in [0, \bar{\omega}]^2: x_1 \leq x_2\}$, em que $\bar{\omega} = 1$.*

Considerando a distribuição de custos informada, um equilíbrio simétrico para a Licitação de Preço Uniforme será $\beta_1(x_1, x_2) = x_1$ e $\beta_2(x_1, x_2) = \bar{\omega} = 1$, no qual cada participante vende uma única unidade e recebe por ela o maior valor que o leiloeiro estaria disposto a pagar por essa aquisição.

Para verificar esse resultado, suponha que o participante 2 segue a estratégia indicada e que o participante 1, com vetor de custos x , submete um lance $b = (b_1, b_2) \ll 1$.

Seja c^{-1} o vetor de lances competitivos com o qual o participante 1 se defronta e que, neste caso, evidentemente, contempla apenas os lances do participante 2, que possui vetor de custos $y = (y_1, y_2)$.

Portanto: $c^{-1} = (y_1, 1)$.

Como $c_2^{-1} = 1$, o participante 1 vence, com certeza, pelo menos em relação à uma unidade.

Temos então duas possibilidades:

- i. Caso seu maior lance, b_2 , seja um lance perdedor, isto é, $b_2 > y_1$, o participante 1 vencerá apenas em relação à uma unidade e, neste caso, receberá b_2 pela unidade vendida.

⁴⁴ Ver exemplo 13.1, na pág. 195, de Krishna (2010).

- ii. Caso seu maior lance, b_2 , seja um lance vencedor, isto é $b_2 < y_1$, o participante 1 vencerá em relação às duas unidades e, neste caso, receberá y_1 por cada unidade vendida.

Seja F_1 a distribuição marginal de X_1 , com função densidade de probabilidade f_1 . Dado que $f(x) = 1$ em Ψ , temos que $f_1(x_1) = 1$ e $F_1(x_1) = x_1$ para todo x_1 no intervalo $[0,1]$. Neste caso, o *payoff* esperado do participante 1, ao fazer um lance $\mathbf{b}$, quando seus custos são $\mathbf{x}$, será:

$$\Pi(\mathbf{b}; \mathbf{x}) = \text{prob}[\text{vencer 2 un.}] \times (2y_1 - x_1 - x_2) + \text{prob}[\text{vencer 1 un.}] \times (b_2 - x_1)$$

$$\Pi(\mathbf{b}; \mathbf{x}) = \text{prob}[b_2 < y_1] \times (2y_1 - x_1 - x_2) + \text{prob}[(y_1 < b_2)] \times (b_2 - x_1)$$

Uma vez que y_1 corresponde ao custo do participante 2 para a primeira unidade, esse custo possui distribuição marginal F_1 e, portanto, podemos reescrever a expressão acima como:

$$\Pi(\mathbf{b}; \mathbf{x}) = [1 - F_1(b_2)] \times (2y_1 - x_1 - x_2) + F_1(b_2) \times (b_2 - x_1)$$

Ou ainda:

$$\Pi(\mathbf{b}; \mathbf{x}) = [1 - F_1(b_2)] \times (2 \times E[y_1 | y_1 > b_2] - x_1 - x_2) + b_2 F_1(b_2) - x_1 F_1(b_2)$$

O que nos fornece:

$$\Pi(\mathbf{b}; \mathbf{x}) = [1 - F_1(b_2)] \times \left[\left(\frac{2}{1 - F_1(b_2)} \int_{b_2}^1 y_1 f_1(y_1) dy_1 \right) - x_1 - x_2 \right] + b_2 F_1(b_2) - x_1 F_1(b_2)$$

$$\Pi(\mathbf{b}; \mathbf{x}) = \left(2 \int_{b_2}^1 y_1 f_1(y_1) dy_1 \right) - x_1 - x_2 + x_1 F_1(b_2) + x_2 F_1(b_2) + b_2 F_1(b_2) - x_1 F_1(b_2)$$

$$\Pi(\mathbf{b}; \mathbf{x}) = \left(2 \int_{b_2}^1 y_1 f_1(y_1) dy_1 \right) - x_1 - x_2 + x_2 F_1(b_2) + b_2 F_1(b_2)$$

$$\Pi(\mathbf{b}; \mathbf{x}) = F_1(b_2) \times (b_2 + x_2) - x_1 - x_2 - 2 \int_1^{b_2} y_1 f_1(y_1) dy_1$$

Derivando tudo em relação a b_2 :

$$\frac{\partial \Pi(\mathbf{b}; \mathbf{x})}{\partial b_2} = f_1(b_2) \times (b_2 + x_2) + F_1(b_2) - 2 b_2 f_1(b_2)$$

$$\frac{\partial \Pi(\mathbf{b}; \mathbf{x})}{\partial b_2} = b_2 f_1(b_2) + x_2 f_1(b_2) + F_1(b_2) - 2 b_2 f_1(b_2)$$

$$\frac{\partial \Pi(\mathbf{b}; \mathbf{x})}{\partial b_2} = f_1(b_2) \times (x_2 - b_2) + F_1(b_2)$$

Como $f_1(x) = 1$ e $F_1(x) = x$ para todo x no intervalo $[0,1]$:

$$\frac{\partial \Pi(\mathbf{b}; \mathbf{x})}{\partial b_2} = (x_2 - b_2) + b_2$$

$$\frac{\partial \Pi(\mathbf{b}; \mathbf{x})}{\partial b_2} = x_2 \geq 0$$

Sendo que a desigualdade será estrita sempre que $x \neq (0,0)$. Logo, em toda realização na qual $x \neq (0,0)$, para qualquer valor de x_2 é ótimo fazer um lance $b_2 = 1$. Ou seja, neste exemplo o “sombreamento” dos lances é tão acentuado que o preço de equilíbrio corresponde ao maior valor que o leiloeiro estaria disposto a pagar ($\bar{\omega}$). Ademais, independentemente dos custos dos competidores, o fornecimento das duas unidades demandadas pelo leiloeiro é dividido igualmente entre os dois participantes, fornecendo assim um resultado que, evidentemente, não corresponde a um equilíbrio eficiente.⁴⁵ ▲

Ofertas Unitárias

Considere uma Licitação de Preço Uniforme em um cenário de ofertas unitárias, em que $K > 1$ unidades são demandadas pelo leiloeiro, mas na qual os N participantes ($N > K$) não possuem interesse em fornecer mais do que uma unidade (ou não conseguem fornecer um número maior de unidades).

Neste caso, tem-se uma configuração em que podemos considerar os vetores de custos sendo retirados do seguinte conjunto:

$$\Psi(1) = \{\mathbf{x} \in [\underline{\omega}, +\infty]^K : \forall k, x_k \leq x_{k+1}; \forall k \leq 1, x_k \in [\underline{\omega}, \bar{\omega}]; \forall k > 1, x_k > \bar{\omega}\}$$

Como, para qualquer preço obtido com a venda de unidades adicionais o *payoff* será negativo ($\forall k > 1, x_k > \bar{\omega}$), os competidores não terão interesse em realizar ofertas para além de uma única unidade. Logo, podemos supor que cada participante submete apenas o lance b^i . Mas então, utilizando os resultados da **Proposição 4.7**, obtemos que fazer um lance b^i igual ao valor do custo de fornecimento x_i corresponde a uma estratégia fracamente dominante nessa situação e, portanto, a Licitação de Preço Uniforme irá fornecer um resultado eficiente.

⁴⁵ De acordo com Krishna (2010), esse tipo de equilíbrio extremo, em que o pagamento por cada unidade consiste no maior valor possível, não ocorre em situações nas quais o número de participantes é superior ao número de unidades demandadas.

Em resumo, uma vez que neste cenário de oferta unitária não há possibilidade de um lance vencedor influenciar o preço a ser recebido, não haverá incentivos para “sombreamento” de lances e redução de oferta e, conseqüentemente, todo participante irá fazer lances “sinceros”, o que, por fim, irá fornecer uma alocação eficiente.

Logo, a ineficiência da Licitação de Preço Uniforme indicada pela **Proposição 4.9** não resulta da multiplicidade de unidades a serem adquiridas pelo leiloeiro, mas sim da multiplicidade de unidades ofertadas pelos participantes.

4.3.4 Licitação de Preço Discriminatório

A partir dos resultados apresentados em Reny (1999), assim como da equivalência entre leilões e licitações, temos que, em um modelo de valores privados, independentes e simétricos, as Licitações de Preço Discriminatório possuem equilíbrio simétrico em estratégias puras. No entanto, assim como ocorre com as Licitações de Preço Uniforme, uma expressão única e geral para essas estratégias não pode ser determinada, o que novamente nos obriga a proceder de forma indireta para obter as características importantes que sejam válidas nestes equilíbrio, permitindo, desta maneira, determinar os atributos economicamente relevantes do formato.

Conforme detalhado na Subseção 4.1.1, em uma Licitação de Preço Discriminatório, um participante i que seja o vencedor para $k^i < K$ unidades obterá como receita (R^i) a soma de seus k^i primeiros lances:

$$R^i = \sum_{k=1}^{k^i} b_k^i$$

com $\{b_1^i, \dots, b_{k^i}^i\} \subset \mathbb{K}$, em que $\mathbb{K}$ consiste no conjunto que contém os K menores lances recebidos pelo leiloeiro.

Como fazer um lance igual ao seu próprio custo, $b_k^i = x_k^i$, garante um *payoff* nulo para a venda da k -ésima unidade, uma primeira característica a ser notada neste formato de licitações consiste na existência permanente de “sombreamento” de lances e redução de oferta.

No entanto, antes de prosseguir com a análise dos resultados a serem obtidos para Licitação de Preço Discriminatório, buscando uma melhor compreensão dos comportamentos em equilíbrio nesse formato, vamos analisar o caso específico de

valores privados, simétricos e independentes, com dois participantes ($K = 2$), e em que o leiloeiro deseja adquirir apenas duas unidades ($K = 2$).

Sem perda de generalidade, fixe o participante $i = 1$, de custos $x = (x_1^1, x_2^1)$.

Seja $\beta = (\beta_1, \beta_2)$ o equilíbrio simétrico desta licitação⁴⁶ e $\mathcal{C}^{-1} = (C_1, C_2)$ a variável aleatória que determina os lances competitivos com os quais o participante 1 se depara⁴⁷, com H_1 e H_2 correspondendo à distribuição, respectivamente, do lance mais baixo (C_1) e do lance mais alto (C_2), cujas respectivas funções densidade de probabilidade são h_1 e h_2 .

Dado que, para todo x , $\beta_1(x) \leq \beta_2(x)$ ⁴⁸, temos que a distribuição H_2 domina estocasticamente a distribuição H_1 .⁴⁹

Suponha que o participante 1 faça o lance $\mathbf{b} = (b_1^1, b_2^1)$.

Neste caso:

- i. Se $b_2^1 < c_1$, o participante 1 venderá duas unidades, sendo a probabilidade desse evento dada por:

$$\text{prob}[\text{vender 2 un.}] = \text{prob}[b_2^1 < C_1] = 1 - \text{prob}[C_1 < b_2^1]$$

$$\text{prob}[\text{vender 2 un.}] = 1 - H_1(b_2^1)$$

- ii. Se $b_1^1 < c_2$ e $b_2^1 > c_1$, o participante 1 venderá exatamente uma unidade, sendo a probabilidade desse evento dada por:

$$\text{prob}[\text{vender 1 un.}] = \text{prob}[\text{vender pelo menos 1 un.}] - \text{prob}[\text{vender 2 un.}]$$

$$\text{prob}[\text{vender 1 un.}] = \text{prob}[b_1^1 < C_2] - \text{prob}[b_2^1 < C_1]$$

$$\text{prob}[\text{vender 1 un.}] = (1 - \text{prob}[C_2 < b_1^1]) - (1 - H_1(b_2^1))$$

$$\text{prob}[\text{vender 1 un.}] = 1 - H_2(b_1^1) - 1 + H_1(b_2^1)$$

$$\text{prob}[\text{vender 1 un.}] = H_1(b_2^1) - H_2(b_1^1)$$

Portanto, o *payoff* esperado do participante 1 será:

$$\Pi(\mathbf{b}; \mathbf{x}) = \text{prob}[\text{vender 2 un.}] \times (b_1^1 + b_2^1 - x_1^1 - x_2^1) + \text{prob}[\text{vender 1 un.}] \times (b_1^1 - x_1^1)$$

$$\Pi(\mathbf{b}; \mathbf{x}) = [1 - H_1(b_2^1)] \times (b_1^1 + b_2^1 - x_1^1 - x_2^1) + [H_1(b_2^1) - H_2(b_1^1)] \times (b_1^1 - x_1^1)$$

⁴⁶ Conforme Reny (1999), dada a configuração considerada, sabemos que esse equilíbrio simétrico existe.

⁴⁷ Neste caso, evidentemente, $\mathcal{C}^{-1}$ contempla apenas os lances do participante 2.

⁴⁸ Ver Seção 4.1.

⁴⁹ Neste caso, o texto refere-se a uma dominância estocástica de primeira ordem. Ver Apêndice 14.2: Dominância Estocástica de Primeira Ordem (*First-Order Stochastic Dominance*).

Ou, de forma equivalente:

$$\Pi(\mathbf{b}; \mathbf{x}) = [1 - H_1(b_2^1)] \times (b_2^1 - x_1^1 - x_2^1) + b_1^1 + [H_2(b_1^1)] \times (x_1^1 - b_1^1) - x_1^1 H_1(b_2^1)$$

Sendo assim, o problema do participante consiste em escolher $\mathbf{b} = (b_1^1, b_2^1)$ que maximize $\Pi(\mathbf{b}; \mathbf{x})$, sujeito à restrição $b_1^1 \leq b_2^1$ e, neste caso, as Condições de Primeira Ordem nos fornecem duas possibilidades distintas:

i. $b_1^1 \neq b_2^1$

Trata-se da situação em que a restrição $b_1^1 \leq b_2^1$ não é ativa no ponto ótimo e, portanto, $b_1^1 < b_2^1$, nos fornecendo:

$$\frac{\partial \Pi(\mathbf{b}; \mathbf{x})}{\partial b_1^1} = 1 + h_2(b_1^1) \times (x_1^1 - b_1^1) - H_2(b_1^1) = 0$$

$$\frac{\partial \Pi(\mathbf{b}; \mathbf{x})}{\partial b_2^1} = -h_2(b_2^1) \times (b_2^1 - x_1^1 - x_2^1) + (1 - H_1(b_2^1)) - x_1^1 h_1(b_2^1) = 0$$

O que resulta no seguinte sistema de equações diferenciais:

$$1 - H_2(b_1^1) = h_2(b_1^1) \times (b_1^1 - x_1^1)$$

$$1 - H_1(b_2^1) = h_1(b_2^1) \times (b_2^1 - x_2^1)$$

Logo, no caso em que $b_1^1 < b_2^1$, obtemos que os lances são completamente separáveis nos custos, ou seja, β_1 não depende de x_2^1 e β_2 não depende de x_1^1 .

ii. $b_1^1 = b_2^1 = b$

Trata-se da situação em que a restrição $b_1^1 \leq b_2^1$ é ativa no ponto ótimo, nos fornecendo:

$$\frac{\partial \Pi(\mathbf{b}; \mathbf{x})}{\partial b} = 0$$

$$-h_1(b) \times (b - x_1^1 - x_2^1) + [1 - H_1(b)] + 1 + h_2(b) \times (x_1^1 - b) - H_2(b) - x_1^1 h_1(b) = 0$$

O que resulta na seguinte equação diferencial:

$$[1 - H_1(b)] + [1 - H_2(b)] = h_1(b) \times (b - x_2^1) + h_2(b) \times (b - x_1^1)$$

Portanto, quando a restrição $b_1^1 \leq b_2^1$ é ativa no ponto ótimo, o participante submete uma oferta *flat*, fazendo um lance idêntico para as duas unidades, sendo que esse lance depende dos custos de ambas as unidades.

Notamos que, quando a restrição $b_1^1 \leq b_2^1$ não é ativa, as condições de primeira ordem obtidas nos fornecem as mesmas equações diferenciais verificadas em um

contexto de uma única unidade com participantes assimétricos⁵⁰, com a diferença que, enquanto antes os subscritos refletiam assimetrias entre participantes, agora designam as assimetrias entre as diferentes unidades. Todavia, conforme apontado em Krishna (2010), os dois problemas não são isomórficos, uma vez que no caso da Licitação de Preço Discriminatório a restrição será ativa em algumas situações e, portanto, os participantes irão submeter uma oferta *flat* com probabilidade positiva. O caso apresentado na **Proposição 4.10** ilustra uma destas situações.

Proposição 4.10: *Suponha uma situação em que o leiloeiro deseja adquirir duas unidades ($K = 2$), com dois participantes ($N = 2$) que possuem custos, para cada uma das unidades, determinados pelas variáveis aleatórias X_1^i e X_2^i , que são independentemente distribuídas em $[\underline{\omega}, \bar{\omega}]$ de acordo com F_1 e F_2 , com F_2 dominando F_1 em termos de Hazard Rate⁵¹. Neste caso, em qualquer equilíbrio da Licitação de Preço Discriminatório os participantes submetem, com probabilidades positivas, uma oferta *flat* e uma oferta positivamente inclinada, com a estratégia a ser considerada dependendo da realização dos custos.*

Demonstração:

Suponha que $\beta = (\beta_1, \beta_2)$ consiste em uma solução para as equações diferenciais:

$$\begin{aligned} 1 - H_2(b_1^1) &= h_2(b_1^1) \times (b_1^1 - x_1^1) \\ 1 - H_1(b_2^1) &= h_1(b_2^1) \times (b_2^1 - x_2^1) \end{aligned}$$

Ou seja, β é o equilíbrio simétrico da licitação quando desconsideramos a restrição $b_1^1 \leq b_2^1$.

Como essas equações diferenciais são as mesmas obtidas para os casos de uma única unidade com assimetria entre os participantes (com a diferença, já ressaltada anteriormente, de que neste caso a notação representa a assimetria entre unidades, e não entre participantes), e dado que F_2 domina F_1 em termos de Hazard Rate, valem os resultados obtidos na **Proposição 3.9**.

Logo, para todo $x \in [\underline{\omega}, \bar{\omega}]$:

$$\beta_2(x) < \beta_1(x)$$

Isto é, o lance para a segunda unidade será mais agressivo que o lance para a primeira unidade.

⁵⁰ Ver Seção 3.9.

⁵¹ Ver Apêndice 14.3: Dominância Estocástica em termos de Hazard Rate (*Hazard Rate Dominance*).

Sendo assim, para todo $x_1 \in [\underline{\omega}, \bar{\omega}]$, se $x_2 < y_2 \equiv \beta_2^{-1}(\beta_1(x_1))$, o que acontece quando a diferença entre os custos marginais for suficientemente pequena, a restrição será ativa. Isso ocorre porque a restrição nos impõe $b_1 \leq b_2$ e, por premissa, $x_1 \leq x_2$, logo, se a resolução do problema sem restrição, para determinada realização de x_1 e x_2 , for tal que $\beta_2(x_2) < \beta_1(x_1)$, ou seja, x_1 e x_2 forem tais que $x_2 < \beta_2^{-1}(\beta_1(x_1))$, então, ao resolvermos o problema com a restrição, essa, inevitavelmente, estará ativa.

Mas então, nessa situação teremos $b_1 = b_2$ e, portanto, verificamos que os participantes submetem uma oferta *flat* com probabilidade positiva.

Contudo, submeter sempre uma oferta *flat* não pode ser uma estratégia ótima para os participantes.

Para verificar essa afirmação considere, por exemplo, a situação em que os custos (x_1, x_2) consistem em $(\underline{\omega}, \bar{\omega})$.

Neste caso, a única oferta *flat* possível seria $\mathbf{b} = (\bar{\omega}, \bar{\omega})$, caso contrário o participante correria o risco de ter retorno negativo na segunda unidade, o que tornaria qualquer oferta *flat* alternativa $\mathbf{b} = (b', b')$, com $b' < \bar{\omega}$, dominada por qualquer estratégia $\mathbf{b} = (b', b'')$, com $b'' > b'$.

No entanto, analisando essa situação a partir da equação diferencial obtida para a situação em que a restrição é ativa ($b_1 = b_2 = b$), obtemos:

$$\begin{aligned} [1 - H_1(b)] + [1 - H_2(b)] &= h_1(b) \times (b - x_2^1) + h_2(b) \times (b - x_1^1) \\ (1 - H_1(\bar{\omega})) + (1 - H_2(\bar{\omega})) &= h_1(\bar{\omega}) \times (\bar{\omega} - \bar{\omega}) + h_2(\bar{\omega}) \times (\bar{\omega} - \underline{\omega}) \\ (1 - 1) + (1 - 1) &= h_1(\bar{\omega}) \times 0 + h_2(\bar{\omega}) \times (\bar{\omega} - \underline{\omega}) \\ 0 &= h_2(\bar{\omega}) \times (\bar{\omega} - \underline{\omega}) > 0 \Rightarrow \text{Impossível!} \end{aligned}$$

Logo, nessa situação devemos ter $b_1 < b_2$ e, portanto, verificamos que os participantes submetem uma oferta positivamente inclinada com probabilidade positiva.

∴ Para o caso em análise, em qualquer equilíbrio da Licitação de Preço Discriminatório, os participantes submetem, com probabilidades positivas, uma oferta *flat* e uma oferta positivamente inclinada. ■

Em relação à suposição de que F_2 domina F_1 em termos de *Hazard Rate*, embora pareça arbitrária em um primeiro momento, cabe destacar que trata-se de uma condição que é satisfeita no modelo está sendo considerado.

Para visualizar esse fato, suponha que cada participante tira, de forma independente, dois valores, Z_1 e Z_2 , de uma distribuição F , com esses valores correspondendo aos custos para a produção de duas unidades distintas.

Caso um participante venda apenas uma unidade, então ele utilizará a melhor produção disponível e, portanto, seu custo para a primeira unidade será $C_1 = \min\{Z_1, Z_2\}$. Consequentemente, o custo da segunda unidade será $C_2 = \max\{Z_1, Z_2\}$. Neste caso, denominando as distribuições de C_2 e C_1 por F_2 e F_1 , essas últimas serão, respectivamente, as estatísticas de primeira e segunda ordem de F , o que nos permite verificar a dominância estocástica de F_2 em relação a F_1 em termos de *Hazard Rate* a partir dos conceitos usuais de estatísticas de ordem.⁵²

Sendo F_2 e F_1 , respectivamente, as estatísticas de primeira e segunda ordem de F , temos que:

$$F_2(y) = [F(y)]^N$$

$$F_1(y) = N[F(y)]^{N-1} - (N-1)[F(y)]^N$$

Consequentemente:

$$f_2(y) = N[F(y)]^{N-1}f(y)$$

$$f_1(y) = (N-1)N[F(y)]^{N-2}f(y) - N(N-1)[F(y)]^{N-1}f(y)$$

A dominância estocástica de F_2 em relação a F_1 em termos de *Hazard Rate* implica na validade da seguinte relação:

$$\frac{f_2(y)}{1 - F_2(y)} \leq \frac{f_1(y)}{1 - F_1(y)}$$

Substituindo as expressões obtidas acima para $F_1(y)$, $F_2(y)$, $f_1(y)$ e $f_2(y)$:

$$\frac{N[F(y)]^{N-1}f(y)}{1 - [F(y)]^N} \leq \frac{(N-1)N[F(y)]^{N-2}f(y) - N(N-1)[F(y)]^{N-1}f(y)}{1 - (N[F(y)]^{N-1} - (N-1)[F(y)]^N)}$$

Tomando o caso com $N = 2$ utilizado na **Proposição 4.10**:

$$\frac{2[F(y)]^1f(y)}{1 - [F(y)]^2} \leq \frac{2[F(y)]^0f(y) - 2[F(y)]^1f(y)}{1 - (2[F(y)]^1 - [F(y)]^2)}$$

$$\frac{2 F(y)}{1 - [F(y)]^2} \leq \frac{2 - 2 F(y)}{1 - 2[F(y)] + [F(y)]^2}$$

⁵² Para um maior detalhamento das relações utilizadas no desenvolvimento apresentado, ver Apêndice 14.4: Estatísticas de Primeira e Segunda Ordem.

$$\frac{2 F(y)}{1 - [F(y)]^2} \leq \frac{2(1 - F(y))}{(1 - F(y))^2}$$

$$\frac{F(y)}{1 - [F(y)]^2} \leq \frac{1}{(1 - F(y))}$$

$$F(y) (1 - F(y)) \leq 1 - [F(y)]^2$$

$$F(y) - [F(y)]^2 \leq 1 - [F(y)]^2$$

$$F(y) \leq 1$$

Resultado este que será sempre verdadeiro.

Face aos resultados apresentados na **Proposição 4.10**, fica claro que, em uma Licitação de Preço Discriminatório, as unidades distintas não são tratadas da mesma forma (esse comportamento fica explícito tanto na possibilidade de oferta *flat*, como também na possibilidade de lance mais agressivo para a segunda unidade). Logo, tomando esses resultados em conjunto com a **Proposição 4.5**, obtemos a conclusão exposta na **Proposição 4.11**.

Proposição 4.11: *Nos casos em que a oferta dos participantes não é unitária, todos os equilíbrios de uma Licitação de Preço Discriminatório são ineficientes.*

Demonstração: Segue da **Proposição 4.5** e **Proposição 4.10**.

Todavia, conforme Swinkels (1999), no caso da Licitação de Preço Discriminatório, apesar da ineficiência em geral, verifica-se uma eficiência assintótica, no sentido que, conforme o número de participantes se torna arbitrariamente alto, a ineficiência do formato tende a zero.⁵³

Ofertas Unitárias

Considere uma Licitação de Preço Discriminatório em um cenário de ofertas unitárias, com N participantes simétricos, em que $K > 1$ unidades são demandadas pelo leiloeiro ($N > K$), mas na qual os participantes não possuem interesse em fornecer mais do que uma unidade (ou não conseguem fornecer um número maior de unidades).

Novamente, tem-se uma configuração em que podemos considerar os vetores de custos sendo retirados do seguinte conjunto:

⁵³ No entanto, a taxa com que essa tendência se manifesta pode ser muito lenta, fazendo com que o formato permaneça ineficiente mesmo com um número relativamente alto de participantes.

$$\Psi(1) = \{x \in [\underline{\omega}, +\infty]^K: \forall k, x_k \leq x_{k+1}; \forall k \leq 1, x_k \in [\underline{\omega}, \bar{\omega}]; \forall k > 1, x_k > \bar{\omega}\}$$

Como, para qualquer preço obtido com a venda de unidades adicionais o *payoff* será negativo ($\forall k > 1, x_k > \bar{\omega}$), os competidores não terão interesse em realizar ofertas para além de uma única unidade. Logo, podemos supor que cada participante submete apenas o lance b^i .

Nesse caso, procedendo de forma análoga ao realizado na Seção 3.5 para a Licitação Selada de Menor Preço, verificamos que o equilíbrio simétrico da licitação será:

$$\beta(x) = E\left[M_K^{(n-1)} \mid x \leq M_K^{(n-1)}\right]$$

em que $M_K^{(n-1)}$ é a estatística de K -ésima menor ordem das $N - 1$ variáveis aleatórias restantes.

E, uma vez que todos os participantes seguem a mesma estratégia, os K menores lances corresponderão aos K menores custos e, portanto, sob a condição de oferta unitária e participantes simétricos, a Licitação de Preço Discriminatório será eficiente.

Logo, assim como ocorre na Licitação de Preço Uniforme, a ineficiência da Licitação de Preço Discriminatório indicada pela **Proposição 4.11** não resulta da multiplicidade de unidades a serem adquiridas pelo leiloeiro, mas sim da multiplicidade de unidades ofertadas pelos participantes.

Todavia, mesmo nos cenários de oferta unitária, a Licitação de Preço Discriminatório será eficiente apenas com valores simétricos, o que se verifica, de forma imediata, lembrando que, ao contrário da Licitação Selada de Segundo Menor Preço, a Licitação Selada de Primeiro Preço é eficiente, no caso de uma única unidade, apenas sob a condição de valores simétricos.

4.4 PAGAMENTO ESPERADO DO LEILOEIRO

Os resultados obtidos na Seção 3.7 mostraram que, sob as hipóteses de valores independentes, privados e simétricos, os casos envolvendo uma única unidade fornecem uma equivalência entre os pagamentos esperados nos quatro formatos tradicionais de licitação. Esse resultado se deve a um princípio de equivalência mais geral, no qual, se dois formatos de licitações possuem uma mesma regra de alocação, a receita esperada de cada participante será a mesma em ambos

os formatos.⁵⁴ Logo, como todos os resultados verificados na Seção 3.7 provinham de alocações eficientes, tinha-se uma mesma regra de alocação para todos os formatos e, conseqüentemente, os mesmos pagamentos esperados.

Desta forma, seria natural, principalmente após os resultados não tão positivos obtidos acerca de eficiência, verificar a existência de alguma equivalência ou relação entre os pagamentos esperados no caso das licitações de múltiplas unidades, inclusive por tratar-se de um critério que poderia ser relevante na definição do formato a ser utilizado em um caso específico.

No entanto, os resultados expostos ao longo do Capítulo 4 mostram que, mesmo considerando as premissas de valores independentes, privados e simétricos, os formatos tradicionais de licitações para múltiplas unidades não necessariamente irão fornecer alocações similares e, conseqüentemente, considerando o princípio de equivalência geral anteriormente descrito, não haverá equivalência entre as receitas esperadas dos participantes.

De uma forma geral, *no caso de múltiplas unidades não há uma equivalência geral entre os pagamentos esperados e nenhuma regra de ordenamento geral pode ser obtida*, sendo que os resultados dependerão das distribuições dos custos, com uma ou outra licitação podendo apresentar resultados superiores a depender do caso.

Todavia, nos casos em que for possível argumentar *a priori* que duas licitações de múltiplas unidades irão alocar os bens da mesma forma, é possível derivar uma equivalência entre os pagamentos esperados, o que pode ser bastante útil na determinação das estratégias de equilíbrio. Para tal, utiliza-se resultado apresentado em Krishna (2010), aqui adaptado para o caso de licitações, em que verifica-se que *“a função payoff (e receita) de equilíbrio de qualquer participante em duas licitações de múltiplas unidades que possuam a mesma regra de alocação diferem no máximo por uma constante aditiva”*.

⁵⁴ Para maiores detalhes ver Weber (1983) e Cap. 14 de Krishna (2010).

5. CONCLUSÕES

O presente trabalho ampliou o desenvolvimento teórico exposto em Bugarin e Portugal (2022), apresentando, sob a ótica de licitações, os principais modelos e resultados obtidos a partir da teoria dos leilões. Desta maneira, tendo Krishna (2010) como principal referência, desenvolveu-se uma estrutura detalhada para os principais formatos de licitações em contextos de uma única unidade e, posteriormente, em situações de múltiplas unidades.

Para os casos com uma única unidade, dentre as principais flexibilizações possíveis, partindo-se do modelo básico, não foram abordadas as situações envolvendo aversão ao risco e restrições de orçamento, sendo essas extensões naturais ao conteúdo apresentado.

No que diz respeito à múltiplas unidades, a análise ficou limitada aos casos em que todas as unidades são idênticas e adquiridas em um único procedimento. Desta forma, uma continuidade natural ao desenvolvimento aqui realizado consiste em sua expansão para Licitações Sequenciais⁵⁵ e unidades não-idênticas⁵⁶.

Por fim, outra situação não abordada, tanto para múltiplas unidades como para unidades únicas, diz respeito às situações de valores interdependentes. Para situações com uma única unidade, impondo-se certas condições, o tratamento das situações com valores interdependentes não envolve complexidade muito diferente do que foi verificado ao longo deste trabalho. Todavia, as questões envolvendo eficiência se tornam mais complicadas.⁵⁷ Ao combinar essas complicações com as dificuldades que foram verificadas para as licitações de múltiplas unidades, mesmo em configurações mais restritivas de valores independentes, privados e simétricos, a questão de eficiência se torna ainda mais delicada e, muitas vezes, intransponível.⁵⁸ Conforme destacado em Krishna (2010), a união destes dois aspectos, múltiplas unidades e valores interdependentes, leva os mecanismos baseados em leilões ao limite do que pode ser obtido, em geral, em termos de alocações eficientes.

⁵⁵ Ver Cap. 15 de Krishna (2010) e Subseção 11.4.1.4 na Parte II.

⁵⁶ Ver Cap. 16 de Krishna (2010).

⁵⁷ Ver Cap. 6 de Krishna (2010) e Subseção 11.3.3.2 na Parte II.

⁵⁸ Neste caso, o problema novamente não está relacionado à multiplicidade de unidades a serem adquiridas pelo leiloeiro, mas sim à multiplicidade de oferta dos participantes, que agora será somada à multiplicidade dos sinais que cada competidor irá receber ao longo do certame.

**PARTE II: DESENHO DE UM MECANISMO COMPETITIVO PARA
ACESSO AO SISTEMA INTERLIGADO NACIONAL (SIN)**

6. INTRODUÇÃO

A elaboração do presente trabalho foi motivada pelas transformações atualmente em curso no ambiente de acesso ao sistema de transmissão do setor elétrico brasileiro. A rápida expansão da oferta de fontes renováveis, somada ao aumento do número de pedidos por outorgas decorrente da Lei nº 14.120, de 1º de Março de 2021, instauraram um quadro de grande competição pela capacidade de transporte do Sistema Interligado Nacional (SIN), caracterizando-a, em oposição ao histórico recente, como um recurso escasso, e tornando inadequado o critério de fila atualmente utilizado para alocação das margens remanescentes.

Desta forma, fundamentando-se na compreensão de que, para acomodar a nova realidade do setor, a adoção de um mecanismo competitivo para contratação da margem de escoamento passa a ser fundamental, desenvolveu-se uma metodologia para a concessão de acesso ao sistema de transmissão baseada na utilização de leilões. Ainda que esse tipo de solução tenha sido abordado conceitualmente em alguns trabalhos ou diagnósticos anteriores⁵⁹, este trabalho inova ao apresentar, para além de uma proposição inicial, uma solução completa e devidamente fundamentada na teoria de leilões.

Como principal resultado, ao final propõe-se a implementação de um novo procedimento, denominado Leilão de Margem de Escoamento, baseado em um formato aberto ascendente, com todos os anos do horizonte de referência do Plano de Ampliações e Reforços (PAR) sendo disponibilizados sequencialmente e com os participantes podendo concorrer em qualquer barramento preferencial de sua escolha (mas estando limitados a disputas nos barramentos previamente escolhidos).

Cabe ainda registrar que, após um início independente, em 2022 o autor recebeu um convite para integrar a área do Ministério de Minas e Energia (MME) responsável pelo tema, com o objetivo, dentre outros, de encaminhar as soluções referentes a essa pauta.⁶⁰ Desta maneira, a realização deste trabalho ocorreu concomitantemente às atividades desenvolvidas no MME e, portanto, o conteúdo aqui apresentado está intimamente ligado ao que consta na Portaria nº 702/GM/MME, de 1º de Novembro de 2022 e, principalmente, na Portaria nº 716/GM/MME, de 21 de Dezembro de 2022, e sua respectiva nota técnica (Nota Técnica nº 5/2022/SPE).

⁵⁹ Ver Thema Consulting Group (2020).

⁶⁰ Ver Anexo 15.4: Declaração MME (Sistemática PCM).

Além desta introdução, o trabalho está organizado como descrito a seguir. Com o objetivo de prover alguma contextualização aos leitores que não estejam familiarizados com a área, o Capítulo 7 apresenta um breve histórico do setor elétrico brasileiro, assim como descreve a ampla adoção de leilões no setor de energia. O Capítulo 8 detalha o cenário de expansão das fontes renováveis no Brasil e a corrida por outorgas decorrente da Lei nº 14.120, caracterizando, ao final, o atual problema de acesso ao sistema de transmissão no país. O Capítulo 9 faz uma rápida revisão da teoria dos leilões, destacando seus principais formatos e resultados. No Capítulo 10, frente às demais possibilidades, busca-se fundamentar a opção por um mecanismo competitivo para abordar a alocação das margens de escoamento remanescentes do SIN. O Capítulo 11 detalha todo o desenvolvimento realizado para a elaboração do mecanismo proposto e, finalmente, o Capítulo 12 apresenta as conclusões finais do trabalho.

7. SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO

Este capítulo tem como único objetivo fornecer, aos leitores que não estejam familiarizados com a área, uma breve contextualização do Setor Elétrico Brasileiro (SEB). Para isso, inicialmente apresenta-se um pouco de seu histórico e evolução até o presente momento sem, no entanto, qualquer pretensão de ser exaustivo em relação ao tema ou fornecer um estudo completo e abrangente. Na sequência, considerando o objeto principal deste trabalho, aborda-se a utilização de leilões na indústria de energia elétrica, descrevendo, principalmente, a adoção desse tipo de mecanismo no SEB.

Para aqueles que já estejam familiarizados com o setor, ou mesmo para os que não possuem qualquer interesse na contextualização proposta, esse capítulo do trabalho pode ser desconsiderado sem qualquer prejuízo aos conteúdos subsequentes (neste caso o leitor pode seguir diretamente para o Capítulo 8).

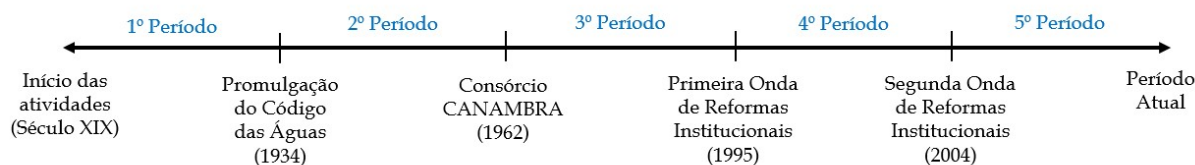
7.1 UM BREVE HISTÓRICO: DAS PRIMEIRAS USINAS HIDRELÉTRICAS AOS LEILÕES DE ENERGIA⁶¹

O desenvolvimento do setor elétrico brasileiro, ao longo de sua história, pode ser dividido em cinco períodos distintos: (i) do início de suas atividades, ainda no final do século XIX, até a promulgação do chamado Código das Águas em 1934; (ii) de 1934 até a contratação do Consórcio CANAMBRA em 1962 (com posterior divulgação de seus resultados em 1966); (iii) de 1962 até as primeiras reformas institucionais realizadas em 1995; (iv) do período entre essas primeiras reformas até o ano 2004, no qual tem-se início a segunda onda de reformas institucionais; e, por fim, (v) desta segunda onda de reformas até os dias atuais (em que talvez estejamos nos aproximando do que seria um novo marco de transição, dado o avanço nas discussões acerca da modernização do setor, bem como os aspectos relacionados à transição energética atualmente em curso).

A Figura 3 apresenta uma linha do tempo simplificada ilustrando a divisão proposta.

⁶¹ Esta seção se baseia principalmente em Leite (2009), mas também em Junior et al. (2007), Maurer e Barroso (2011), Caldeira et al. (2020), Tolmasquim et al. (2021) e no acervo *on-line* disponibilizado pelo CPDOC (FGV), além de outras fontes consultadas para itens específicos e citadas ao longo do texto.

Figura 3 – Linha do Tempo: Desenvolvimento do Setor Elétrico Brasileiro



Fonte: Elaborada pelo autor (2022).

Ainda que tenha se caracterizado, na maior parte de sua história, como um setor predominantemente ligado a iniciativa e intervenção estatal, o setor elétrico brasileiro nasceu de pequenos empreendimentos particulares e continuou um setor dominado por investimentos majoritariamente privados até a década de 1930.

No final do século XIX iniciam-se os primeiros projetos de geração de energia, focados em interesses privados e específicos, principalmente nos estados de São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro. Um marco importante deste início de atividades do setor é a inauguração, em setembro de 1889, da primeira usina hidrelétrica para fornecimento público, a Usina de Marmelos em Juiz de Fora/MG, construída por iniciativa de Bernardo Mascarenhas com o objetivo de utilizar a energia em sua companhia têxtil e na iluminação da cidade.⁶²

Nesta época, não havia uma regulamentação federal estabelecida e praticamente todas as instalações de geração, transmissão e distribuição eram privadas. Na ausência de legislação, as atividades do setor elétrico eram reguladas por contratos e concessões específicas, com soluções diferentes adotadas para cada caso, podendo o poder público ser representado pelo governo federal, estadual ou municipal, a depender do escopo e especificidades do contrato.

Este desenvolvimento inicial do setor resultou em redes de distribuição locais e projetos de menor porte, ao alcance das possibilidades de empresários individuais e nacionais, e normalmente conectados às suas atividades agrárias, financeiras, comerciais ou industriais.

Uma primeira alteração nesse cenário ocorreu com a fundação da Light, em 1899. Originária de um grupo de empresários e empreendedores canadenses, a empresa obteve, inicialmente, a concessão do serviço de transporte urbano elétrico na cidade de São Paulo, criando assim a *São Paulo Tramway, Light and Power*

⁶² Ver Portal da Prefeitura de Juiz de Fora - Bens Tombados: Usina de Marmelos. Disponível em: https://www.pjf.mg.gov.br/administracao_indireta/funalfa/patrimonio/historico/usina_marmelos.php.

Company. Com o objetivo de atender os serviços de sua concessão de transporte, a Light construiu a Hidrelétrica de Parnaíba no Rio Tietê (inaugurada em 1901, posteriormente Usina Elevatória Edgard de Souza e atualmente desativada⁶³), primeira grande usina destinada ao abastecimento do município de São Paulo. Após a incorporação da Companhia de Água e Luz do Estado de São Paulo, em 1900, a empresa passou a deter também o monopólio dos serviços de eletricidade na cidade e, depois, começou a expandir suas atividades no interior do estado através da incorporação de companhias municipais, como a Companhia Ituana de Força e Luz, em 1903, e Empresa Luz e Força de Jundiaí, em 1904.

Em seguida, a mesma Light deu início a uma abordagem similar na cidade do Rio de Janeiro, com a criação, em 1905, da *Rio de Janeiro Tramway, Light and Power Company* e, na sequência, com a construção da Usina Hidrelétrica de Fontes no Ribeirão das Lajes (inaugurada em 1908 e ampliada em 1913 a partir de desvio do Rio Pirai). Em 1912 a *São Paulo Tramway, Light and Power Company* e a *Rio de Janeiro Tramway, Light and Power Company* foram unificadas na *Brazilian Traction, Light and Power Co. Ltda*.

Em 1927, em linha com as alterações em curso no setor, a *American & Foreign Power Company Inc.* (AMFORP), responsável pelos negócios internacionais da americana *Electric Bond & Share Corporation*, se estabeleceu no Brasil e incorporou diversas concessionárias existentes, direcionando sua estratégia, principalmente, para estados que não eram atendidos pela Light.⁶⁴

Diante dessas alterações, além dos empreendimentos de pequeno porte, que atendiam municípios menores e eram desenvolvidos por empresários nacionais, o país passou a ter também empreendimentos de maior porte, que atendiam seus principais mercados e requeriam maiores volumes de capital e investimento, sendo esses conduzidos, essencialmente, por companhias estrangeiras.⁶⁵

Essa evolução inicial do setor, com a prevalência de geração hidrelétrica, diferenciava o Brasil das principais nações industriais da época, nas quais se

⁶³ Ver EMAE – Barragem Edgard de Souza. Disponível em:

<http://www.emae.sp.gov.br/chromo/barragens/edgardsouza.htm>.

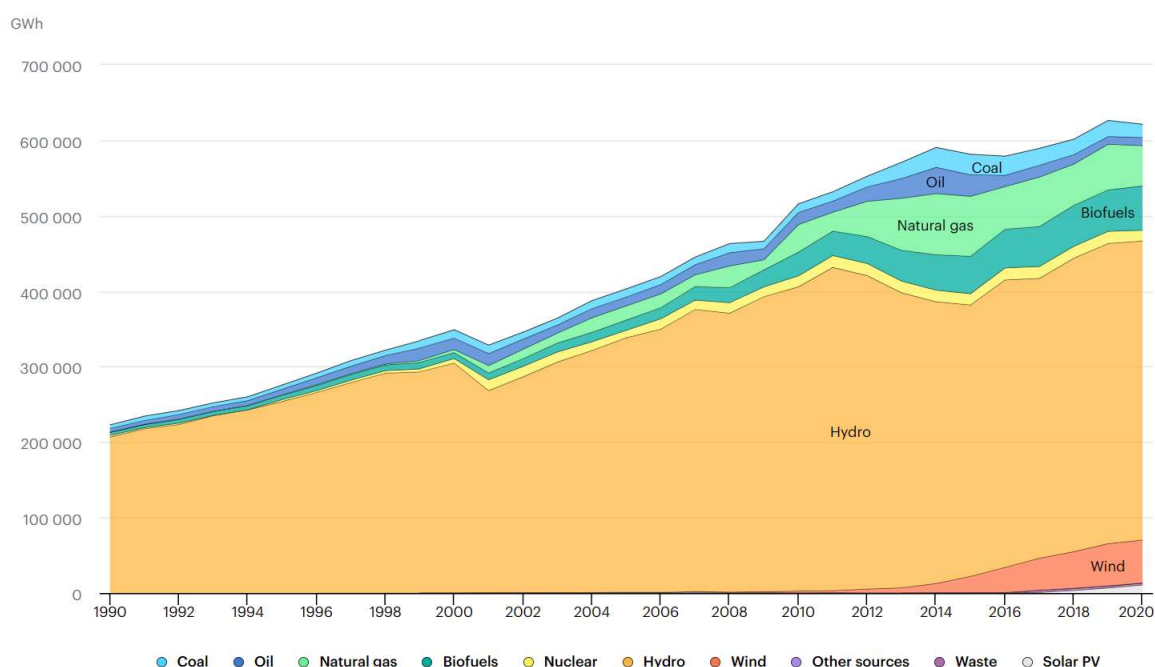
⁶⁴ Fora do estado de São Paulo a AMFORP atuava nas cidades de Belo Horizonte, Vitória, Natal, Salvador, Curitiba, Porto Alegre, Recife, Maceió, Niterói, Petrópolis e Pelotas (Junior et al., 2007).

⁶⁵ Em 1930, a capacidade total instalada no país, de 779.000 kW, era dividida entre 1009 empresas distintas. No entanto, a Light e a AMFORP, que atendiam os principais centros e eram responsáveis pelos maiores empreendimentos, respondiam, sozinhas, por cerca de 55% dessa capacidade (Junior et al., 2007).

observava um setor dominado por termoeletricas a carvão mineral. Ou seja, desde o seu início, o setor elétrico brasileiro se respaldava na hidroeletricidade, o que se devia tanto às condições naturais favoráveis do ponto de vista hidrológico, como à limitação relacionada a quantidade e qualidade das reservas de carvão mineral disponíveis (as escassas reservas brasileiras e sua baixa qualidade foram muito importantes nesse direcionamento inicial, assim como na relativamente elevada participação do carvão vegetal em nossa matriz energética ao longo da história)⁶⁶.

Os gráficos apresentados nas Figura 4 e Figura 5 mostram que essa predominância hidroelétrica se mantém até os dias atuais.

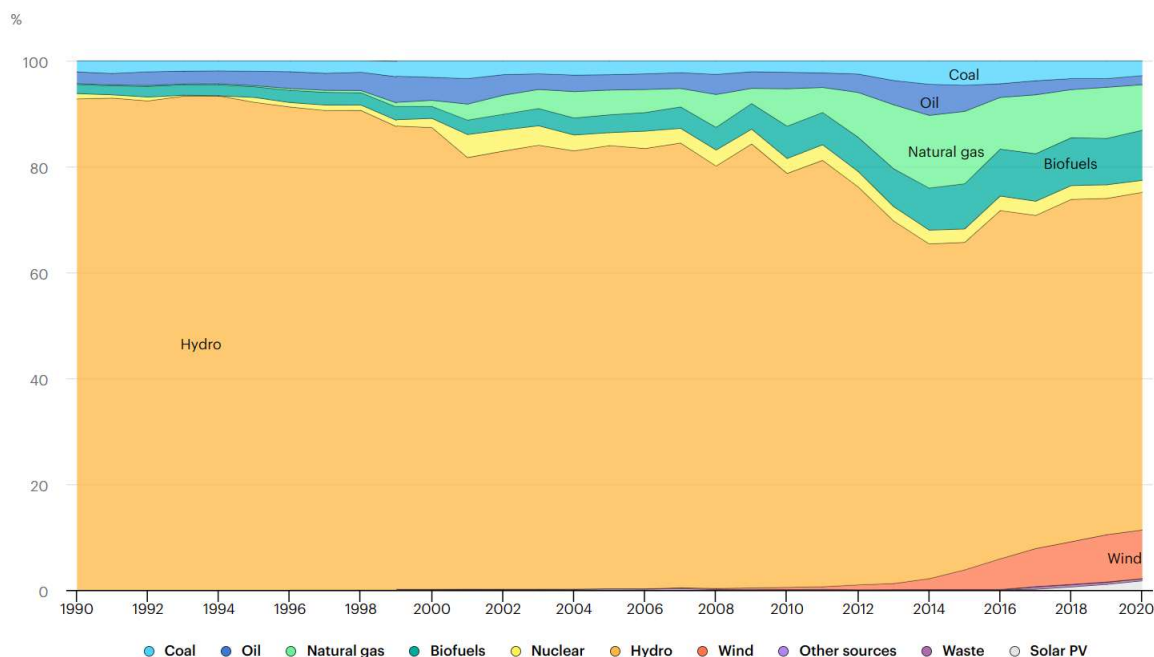
Figura 4 – Geração de Eletricidade por Fonte (GWh), Brasil 1990-2020



Fonte: International Energy Agency (IEA) (<https://www.iea.org/countries/brazil>)

⁶⁶ Ver Caldeira et al. (2020).

Figura 5 – Geração de Eletricidade por Fonte (%), Brasil 1990-2020



Fonte: International Energy Agency (IEA) (<https://www.iea.org/countries/brazil>)

Esse primeiro período de desenvolvimento durou até a promulgação do chamado Código das Águas, através do Decreto nº 24.643, de 10 de Julho de 1934, que estabeleceu um sistema de regulação estatal e determinou a separação entre direitos de propriedade e direito sobre as chamadas “águas públicas”, estabelecendo como responsabilidade da União, dentre outros, a concessão de aproveitamento do potencial hidráulico em rios e similares:

“Art. 29

[...]

§ 1º Fica limitado o domínio dos Estados e Municípios sobre quaisquer correntes, pela servidão que a União se confere, para o aproveitamento industrial das águas e da energia hidráulica, e para navegação;

[...]

Art. 139. O aproveitamento industrial das quedas de água e outras fontes de energia hidráulica, quer do domínio público, quer do domínio particular, far-se-ha pelo regime de autorizações e concessões instituído neste Código.”.

Na mesma época, o Decreto nº 23.501, de 27 de Novembro de 1933, aboliu a chamada Lei da Cláusula Ouro. Elaborada com o objetivo de criar, para as empresas de capital estrangeiro, uma proteção contra riscos de desvalorizações cambiais, essa lei permitia, no caso específico do setor elétrico, a transferência para as tarifas de eventuais desvalorizações da moeda nacional. Posteriormente, com o Decreto nº 3.128, de 19 de Março de 1941, as tarifas passaram ainda a ser determinadas a partir do custo histórico e ter a remuneração do capital investido fixada em 10%:

“Art. 2º. O capital a remunerar, que será chamado “Investimento”, é o efetivamente gasto na propriedade do concessionário, desde que em função permanente da sua indústria, concorrendo, direta ou indiretamente, para a produção, transmissão, transformação e distribuição de energia.

Parágrafo único. Aquele investimento será determinado na base do custo histórico, que será deduzido, no caso de empresa já em funcionamento, da depreciação correspondente a cada uma das partes em que a propriedade for dividida.

[...]

Art. 9º. Será de dez por cento (10%) o lucro a ser permitido no investimento. e a ser computado no cálculo das tarifas das empresas que explorarem a indústria e comércio da energia hidro e termo-elétrica.”.

Esse conjunto de mudanças deteriorou o cenário para a continuidade dos investimentos estrangeiros no setor. Em contrapartida, o crescimento da demanda por energia continuava a aumentar as exigências de capital e investimentos necessárias aos novos empreendimentos.⁶⁷ Consequentemente, e em consonância com as demais políticas adotadas no período pós-revolução de 1930, abriu-se espaço para um modelo que passaria a privilegiar o investimento estatal, com o setor elétrico passando a se desenvolver sob controle direto do estado.

Em 1939 o governo federal criou o Conselho Nacional de Águas e Energia Elétrica (CNAEE)⁶⁸, que tinha como atribuição básica estudar e propor soluções para os temas relacionados à exploração e utilização da energia elétrica no país. Subordinado diretamente à Presidência da República, o CNAEE se tornou o principal responsável por propor e conduzir as políticas do setor elétrico. Na sequência, com o Decreto nº 1.699, de 24 de Outubro de 1939, este escopo foi ainda ampliado para abarcar estudos relativos a tributos que incidissem direta ou indiretamente sobre o setor, além da manifestação sobre quaisquer assuntos relativos a águas e energia elétrica, bem como compromissos internacionais a serem assumidos pelo governo e relacionados com a indústria de energia elétrica.

Refletindo as mudanças em curso, em 1945 foi criada a Companhia Hidrelétrica do São Francisco (CHESF)⁶⁹, visando o aproveitamento do potencial hidráulico da cachoeira de Paulo Afonso na Bahia (que daria origem ao atual Complexo Hidrelétrico de Paulo Afonso) e, em 1957, foi criada a Central Elétrica de Furnas⁷⁰ (mais tarde,

⁶⁷ Como referência, no período entre 1890 e 1930 a capacidade instalada no Brasil aumentou 61.709,52% (Lima, 1983).

⁶⁸ Decreto nº 1.285, de 18 de Março de 1939.

⁶⁹ Decreto nº 8.031, de 03 de Outubro de 1945

⁷⁰ Decreto nº 41.066, de 28 de Fevereiro de 1957.

Furnas Centrais Elétricas S.A.), para o aproveitamento do potencial do Rio Grande em Minas Gerais.

Deste período em diante, a centralização no governo federal, iniciada na década 1930 e acelerada na década de 1950, se consolidou como modelo para o planejamento e a expansão do setor elétrico. As usinas de geração e sistemas de transmissão construídos a partir desse momento, passariam a estar, em sua maior parte, ligados à iniciativa estatal.

A criação da Eletrobrás em 1961⁷¹ (após proposta realizada em 1954 no governo de Getúlio Vargas), com a finalidade de atuar como uma holding das empresas e investimentos estatais no setor, ratificava este cenário de participação direta do governo federal. Foram atribuídas à Eletrobras funções como a promoção de estudos, projetos, construção e operação de usinas de geração, linhas de transmissão e subestações, com a empresa passando a ter papel de grande relevância na expansão da oferta de energia elétrica no país.

Durante o período militar se acentuou ainda mais essa estratégia de planejamento e investimento centralizado. A aquisição da AMFORP pelo governo brasileiro, em 1964, com a subsequente transferência de seus ativos para a Eletrobrás, é representativa desta intensificação.⁷² Essa operação fez da Light o último agente privado ainda responsável por alguns dos principais mercados do país (mais tarde, no ano de 1979, a Light também seria adquirida pela Eletrobrás).

Em abordagem similar à utilizada em Leite (2009), adotamos os resultados decorrentes do Canambra Engineering Consultant Limited (CANAMBRA) como um dos marcos de desenvolvimento do setor, dando início ao terceiro período da divisão proposta neste trabalho.⁷³ O CANAMBRA foi um consórcio canadense, americano e brasileiro, constituído por firmas de engenharia e com apoio das Nações Unidas e Banco Mundial, organizado para a execução, durante o período de 1962 a 1966, de estudos relacionados ao setor de energia elétrica brasileiro. Trata-se da primeira grande iniciativa para o planejamento integrado do setor no país, que consolidou a ideia de centralização não apenas deste planejamento, mas também de toda a

⁷¹ Lei nº 3.890-A, de 25 de Abril de 1961.

⁷² Anteriormente, em 1959, a empresa já havia tido sua subsidiária do Rio Grande do Sul expropriada pelo governo do estado. Para maiores detalhes sobre as medidas para com a AMFORP neste período, ver Saes e Sasse (2012).

⁷³ Diferentemente da proposta apresentada neste trabalho, em Leite (2009) o desenvolvimento do setor é dividido em apenas três estágios distintos e, nesse caso, o CANAMBRA estaria relacionado ao início do segundo período.

expansão do setor e operação do sistema. Mesmo que essas características já viessem se materializando e sendo consolidadas no período anterior, neste momento houve uma transição daquilo que anteriormente ainda estava ligado a uma necessidade, para o que agora tornava-se uma convicção.

Sob tal perspectiva, em 1973 foi fundada a Itaipu Binational Company⁷⁴ (com as primeiras unidades geradoras da Usina Hidrelétrica de Itaipu entrando em operação em 1984) e, em 1974, em atendimento ao previsto na Lei nº 5.899, de 05 de Julho de 1973, a Eletrobras concluiu o “Plano de Atendimento aos Requisitos de Energia Elétrica das Regiões Sul e Sudeste até 1990” (Plano 90). Em 1977, com a revisão do Plano 90, foi elaborado o primeiro plano nacional estabelecendo diretrizes e metas para o setor, denominado “Plano Nacional de Atendimento aos Requisitos de Energia Elétrica até 1992” (Plano 92).

Em linhas gerais, vigorou um modelo que tinha na figura do estado o papel de empresário, agente regulador, investidor e interventor do mercado. Essa abordagem estatal predominou até que os impactos dos problemas fiscais e inflacionários do país, acentuados ao longo da década de 1980, comesçassem a esgotar a capacidade de investimento do governo no setor e levassem esse modelo à falência. A situação ainda foi agravada pela utilização das companhias estatais como instrumentos para contenção da inflação (através do controle de tarifas) e também pela eliminação, via Constituição de 1988, dos recursos advindos de impostos e empréstimos que eram destinados a tais companhias. Esses fatores deterioraram a situação financeira dessas empresas e impactaram, de forma significativa, a capacidade de gerarem receita para prover os investimentos necessários à manutenção e expansão do sistema, gerando, por fim, uma estagnação do setor elétrico no Brasil.⁷⁵

Em conjunto com esta deterioração observada no país, verificava-se ainda uma tendência mundial na direção de uma maior liberalização na área de energia e seus respectivos mercados, afastando-se das, até então predominantes, estruturas estatais e verticalmente integradas.⁷⁶

Tudo isso culminou na primeira reforma institucional do setor, iniciada em 1995, e almejando, principalmente, a recuperação da capacidade de investimento, a atração

⁷⁴ Tratado celebrado com o Paraguai em 26 de abril de 1973 e disposições relacionadas estabelecidas na Lei nº 5.899, de 05 de Julho de 1973.

⁷⁵ Ver Leite (2009) e Goldenberg e Prado (2003).

⁷⁶ Ver Joskow (2008), Maurer e Barroso (2011) e Yergin (2014).

de capital privado, a ampliação da concorrência e o aumento de eficiência das companhias de energia.

Para a obtenção de um mercado mais competitivo, tinha-se como principais diretrizes a eliminação da estrutura vertical e integrada das empresas, a separação entre geração, transmissão, distribuição e comercialização, a limitação nas participações de mercado, o estabelecimento de livre comércio entre companhias de geração e distribuidoras (por meio de contratos bilaterais) e a permissão para agentes independentes venderem energia para consumidores finais.

No que diz respeito à separação entre geração, transmissão, distribuição e comercialização, vislumbrou-se a geração como um setor competitivo (inclusive com a possibilidade de consumidores de grande porte comprarem energia no mercado), a transmissão permanecendo como monopólio natural (mas abrindo o acesso a todos os usuários) e a distribuição também como um monopólio natural (ficando responsável pela compra de energia dos consumidores cativos). Foi então estabelecida uma distinção entre os consumidores finais, divididos em cativos, cuja compra de energia seria realizada pela distribuidora (Mercado Regulado), e livres, que poderiam escolher seu próprio fornecedor no mercado (Mercado Livre).

Durante este período foi criada a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL)⁷⁷, agência independente para a regulação do setor, assim como o Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS)⁷⁸, pessoa jurídica de direito privado responsável pelas atividades de controle, coordenação e otimização das instalações de geração e transmissão integrantes do SIN. Foram instituídos também o Conselho Nacional de Política Energética (CNPE)⁷⁹, com a função de assessorar a Presidência da República na formulação das políticas e diretrizes para o setor de energia, e o Mercado Atacadista de Energia (MAE)⁸⁰, com a finalidade de viabilizar as transações de compra e venda de energia nos sistemas interligados, permitindo o ajuste, via um mercado *spot*, das diferenças entre produções e demandas.

Deu-se ainda continuidade ao programa de privatização estabelecido no governo anterior⁸¹, que foi reforçado, objetivando-se, dentre outros, a redução da

⁷⁷ Lei nº 9.427, de 26 de Dezembro de 1996.

⁷⁸ Lei nº 9.648, de 27 de Maio de 1998.

⁷⁹ Lei nº 9.478, de 6 de Agosto de 1997.

⁸⁰ Lei nº 10.433, de 24 de Abril de 2002.

⁸¹ Programa Nacional de Desestatização do governo Collor, criado pela Lei nº 8.031, de 12 de Abril de 1990.

dívida pública, a retomada de investimentos via iniciativa privada e a modernização da infraestrutura do país (todos em linha com os objetivos da própria reforma do setor elétrico). No entanto, apesar das diretrizes legais estabelecidas pela Lei nº 9.491, de 9 de Setembro de 1997, a grande contestação ao movimento de privatização impediu que o processo fosse levado adiante para diversas companhias de geração, como Furnas, CHESF e Eletronorte, sendo que dentre as principais geradoras estatais, apenas a ELETROSUL foi privatizada. Maior sucesso foi obtido com a área de distribuição, privatizada em quase sua totalidade durante o período. No outro extremo, os serviços de transmissão permaneceram basicamente sob controle do estado.

Também neste período, instituídos pela Lei nº 8.987, de 13 de Fevereiro de 1995, foram realizados os primeiros leilões para aproveitamento de recursos hídricos na geração de energia e para construção de linhas de transmissão. No caso do aproveitamento de recursos hídricos, o critério de seleção dos vencedores era baseado na maior oferta para o pagamentos anuais a serem realizados ao governo durante o período de concessão (o que, como destacado em Leite (2009), futuramente viria a causar impactos nos custos de energia). Já para as linhas de transmissão, o critério estabelecido adotava uma seleção a partir da menor oferta para a Receita Anual Permitida (RAP)⁸², regra esta que permanece até os dias atuais.

Destaca-se que, no modelo proposto, o incremento da oferta de energia seria determinado via mercado. No entanto, o novo modelo não foi capaz de garantir a expansão da oferta no ritmo necessário, o que, posteriormente, acabou provocando um problema de segurança energética. Algumas possíveis justificativas para esta falha são apontadas em Tolmasquim et al. (2021), que ressaltam, principalmente, o fato de que o sinal econômico fornecido pelo mercado, em um sistema majoritariamente dominado por hidrelétricas de grande reservatório, teria se mostrado insuficiente (a construção de termelétricas nesse cenário carregaria um risco hidrológico muito grande, com uma sequência de anos de chuvas mais abundantes podendo levar a não remuneração do investimento realizado). Leite (2009) menciona também o agravamento desse problema em função da expansão à época demandar usinas térmicas de custos mais elevados que o habitual. Maurer e Barroso (2011) destacam ainda os riscos de intervenção governamental em tempos de escassez, o

⁸² Receita anual, determinada pela ANEEL, que a concessionária de transmissão tem direito pela prestação de serviço público de transmissão vinculado às instalações de transmissão componentes de seu contrato de concessão. Fonte: ONS (<https://www.ons.org.br/paginas/conhecimento/glossario>).

que poderia limitar o aumento de preços e impactar a viabilidade econômica dos investimentos que se faziam necessários. Por fim, Junior et al. (2007) apresentam uma análise focada nos erros de implementação da reforma, notando que o papel de coordenação mais relevante foi deixado para o mercado, com o monitoramento e planejamento indicativo em segundo plano, mas que o desenvolvimento adequado deste mercado foi negligenciado.

Essa falha na garantia da expansão da oferta, em conjunto com um período hidrológico adverso e com os obstáculos enfrentados pelo Programa Prioritário de Termelétricidade⁸³, estabelecido no início de 2000⁸⁴, culminou em um regime de racionamento de energia, estabelecido a partir de Maio de 2001⁸⁵, e ampliado em Agosto de 2001⁸⁶, com a criação da Câmara de Gestão da Crise de Energia Elétrica, responsável por estabelecer medidas de natureza emergencial e programas de enfrentamento para a crise energética.

Diante destes problemas, assim como da mudança de visão acerca do setor trazida pelo novo governo eleito em 2002, uma nova reforma institucional foi colocada em andamento no ano de 2004. De acordo com Tolmasquim et al. (2021), essa reforma tinha quatro objetivos principais: garantir a adequação dos investimentos e a segurança da oferta de energia, reintroduzir o planejamento centralizado, garantir uma tarifa justa (que refletisse os reais custos envolvidos) e construir um arcabouço regulatório estável.

Neste sentido, Leite (2009) argumenta que haveria uma clara distinção entre as ideias que basearam cada uma destas reformas. Segundo o autor, o modelo da primeira reforma teria como premissas o inquestionável mérito na adoção de uma economia de mercado, a injustificada adoção de uma administração pública para o setor e a convicção de que um planejamento estratégico de longo prazo, coordenado pelo governo, não seria necessário. Em contrapartida, pouca atenção teria sido dispensada às particularidades do setor e, mais especificamente, ao setor no contexto brasileiro. No caso da segunda reforma, as convicções predominantes compreenderiam a confiança na eficácia de medidas governamentais (incluindo ações realizadas através de companhias controladas pelo estado), a falta de confiança na

⁸³ Ver Leite (2009).

⁸⁴ Decreto nº 3.371, de 24 de Fevereiro de 2000.

⁸⁵ Decreto nº 3.818, de 15 de Maio de 2001.

⁸⁶ Medida Provisória nº 2.198-5, de 24 de Agosto de 2001.

condução das companhias privadas (dado seu propósito principal de maximização do lucro), a possibilidade de garantir baixas tarifas através de medidas institucionais e a necessidade de um planejamento estratégico de longo prazo centralizado (principalmente para garantir a adequada expansão da oferta de energia).

Com a reintrodução do planejamento centralizado, foi criada a Empresa de Pesquisa Energética (EPE)⁸⁷, para apoiar o MME no planejamento de longo prazo do setor, substituiu-se a MAE pela Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE)⁸⁸, foi instituído o Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico (CMSE)⁸⁹, com a finalidade de *“acompanhar e avaliar permanentemente a continuidade e a segurança do suprimento eletroenergético em todo o território nacional”*⁹⁰ e alterou-se a governança do ONS, cujos diretores deixaram de ser, predominantemente, agentes de instituições privadas, e passaram a ser indicados também pelo MME⁹¹.

Visando à regulamentação da comercialização de energia elétrica, e baseando-se no entendimento de que existiam dois espaços econômicos distintos, que obedeceriam a lógicas e dinâmicas diferentes, o Decreto nº 5.163, de Julho de 2004, dividiu o mercado em dois ambientes: o Ambiente de Contratação Regulada (ACR), destinado à compra e venda de energia envolvendo as distribuidoras (e, conseqüentemente, os consumidores cativos), e o Ambiente de Contratação Livre (ACL), voltado para a celebração de contratos bilaterais livremente negociados entre consumidores livres e agentes comercializadores (ou geradores de energia).

A segurança da oferta foi buscada, sobretudo, instituindo-se a obrigação de contratação da demanda prevista em sua totalidade, tanto para as distribuidoras como para os consumidores livres, e estabelecendo também a obrigatoriedade de cobertura contratual (todos os contratos precisariam ser cobertos por um lastro físico de geração, devidamente certificado pelo MME). Desta forma, ficaria reservado ao mercado *spot* apenas a função de ajuste nos balanços entre montantes contratados e demandados (a chamada liquidação de diferenças).

Por fim, com o objetivo de promover a adequada expansão da oferta, assim como garantir a modicidade tarifária e o correto repasse dos custos de energia aos

⁸⁷ Lei nº 10.847, de 15 de Março de 2004.

⁸⁸ Lei nº 10.848, de 15 de Março de 2004.

⁸⁹ Lei nº 10.848, de 15 de Março de 2004.

⁹⁰ Fonte: Art. 14 da Lei nº 10.848, de 15 de Março de 2004.

⁹¹ Conforme Decreto nº 5.081, de 14 de Maio de 2004, a diretoria do ONS deverá ser composta de três membros indicados pelo Ministério de Minas e Energia, incluindo o diretor-geral, e dois membros indicados pelos agentes.

consumidores finais, além da alteração nas regras dos leilões de geração hídrica (que passaram a utilizar como critério de seleção a menor receita anual exigida pela concessionária), instituiu-se a adoção de leilões como norma geral para a contratação de energia no mercado regulado. Adicionalmente, definiu-se também pela celebração de contratos de longo prazo entre distribuidoras e vencedores dos leilões, buscando assim uma forma de reduzir a volatilidade dos preços e fornecer uma fonte de receita estável aos investidores. Considerando a importância do tópico para o setor, assim como o objeto principal deste trabalho, na próxima seção será abordada em maiores detalhes essa utilização de leilões na indústria de energia elétrica, descrevendo, principalmente, a adoção desse mecanismo no Setor Elétrico Brasileiro.

7.2 OS LEILÕES NO SETOR DE ENERGIA

A proeminência do uso de leilões no setor de energia teve início com a tendência de desverticalização e desregulação observada em diversos países a partir do final da década de 1980⁹². Em um primeiro momento, devido à separação que havia sido realizada entre os serviços de geração e distribuição, foram adotados mecanismos bastante simples, abrangendo, basicamente, a contratação de energia em horizontes de curto prazo (*day-ahead schedules*). Posteriormente, com o desenvolvimento e a sofisticação do setor (após as diversas rodadas de reformas), o uso de leilões foi ampliado para diversos produtos e atividades do setor elétrico.⁹³

Atualmente, leilões são amplamente adotados na indústria de energia, sendo utilizados em diversos países e regiões, assim como para várias aplicações distintas. Dentre essas aplicações, podemos destacar sua utilização na negociação de energia, contratação de capacidade, contratação de serviços ancilares, comercialização de direitos de transmissão em períodos de congestionamento e realização de vendas e concessões de ativos do estado (seja nas áreas de geração, transmissão ou distribuição). Esta ampla adoção é justificada, principalmente, pela busca de competição nas diferentes atividades do setor, por meio de contratações transparentes, que proporcionem uma alocação eficiente dos recursos e a modicidade tarifária.

Os leilões também têm sido usados como forma de atrair investimentos e garantir o adequado desenvolvimento das capacidades de geração, transmissão e

⁹² Ver Joskow (2008) e Yergin (2014).

⁹³ Ver Maurer e Barroso (2011).

distribuição. Em virtude, especialmente, de problemas relacionados à ausência de um sinal de preço adequado no curto prazo para mercados de energia liberalizados⁹⁴, o emprego de leilões de energia com contratos de longa duração passou a ser adotado como resposta regulatória para garantir a adequada expansão do sistema no longo prazo.⁹⁵ Além de permitir a melhor sincronização da oferta com as projeções de crescimento da carga, a duração mais longa dos contratos proporciona uma fonte estável de receita aos novos empreendimentos, facilitando assim sua engenharia financeira (dado que essa fonte de receita pode ser utilizada como colateral nos financiamentos) e atraindo novos agentes. A adoção desse tipo de solução (leilões com contratos de longa duração) pode ser particularmente importante nos países em desenvolvimento, cujo ritmo mais acelerado de crescimento da demanda energética confere maiores particularidades ao setor.

Mais recentemente, tem aumentado ainda o interesse pela utilização de leilões na contratação de energia gerada a partir de fontes renováveis. De acordo com Hochberg e Poudineh (2018), em 2015 observava-se pelo menos 60 países adotando leilões para fontes renováveis, ao passo que este número era de apenas 6 países em 2005. Del Río e Kiefer (2021) atualizam essa informação para o ano de 2018, indicando a utilização de leilões, neste contexto de expansão das fontes renováveis, em 106 países, e mostrando, portanto, a grande importância deste ferramental no direcionamento da matriz energética.

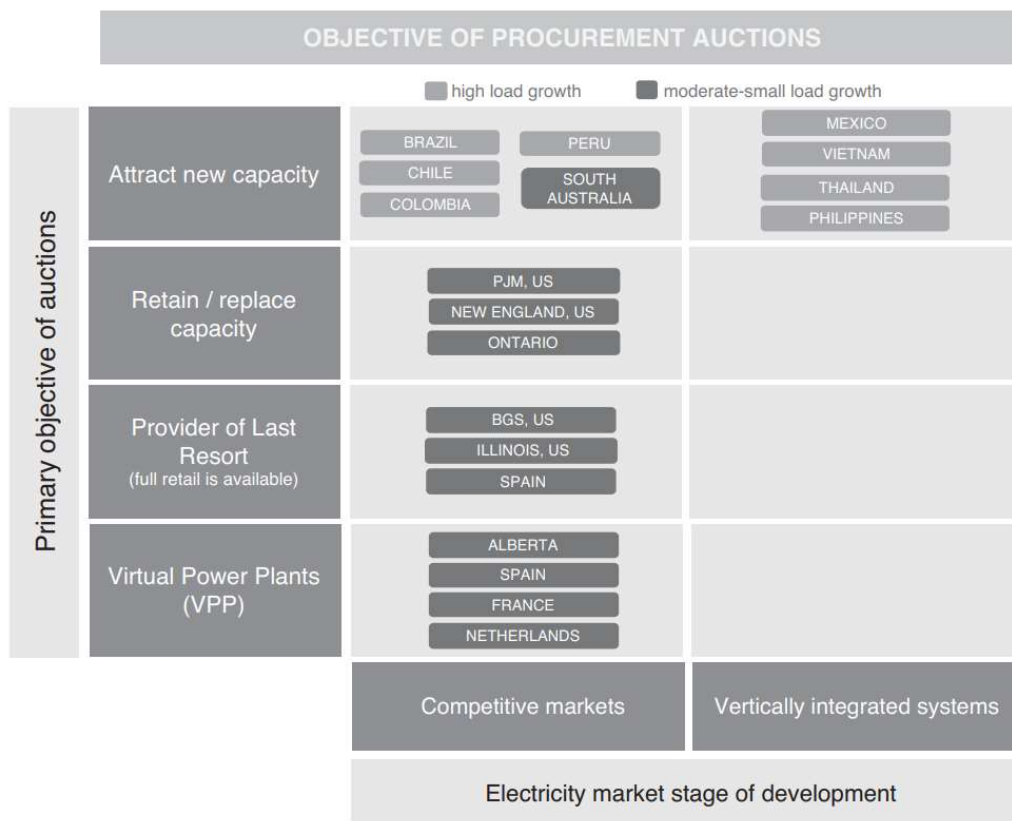
No entanto, conforme ilustrado pelas Figura 6 e Figura 7, cabe destacar que, nos diversos locais em que são adotados, os leilões do setor de energia apresentam várias diferenças em relação aos seus formatos, organização, objetivos e escopos.⁹⁶ Deve-se ter claro que não existe uma solução única ou padrão, sendo que as particularidades e objetivos de cada mercado devem sempre ser considerados.

⁹⁴ Para maiores detalhes sobre algumas particularidades dos mercados de energia em relação a teoria econômica padrão ver Stoft (2002), Wilson (2002) e Cramton (2017).

⁹⁵ Ver Hochberg e Poudineh (2018).

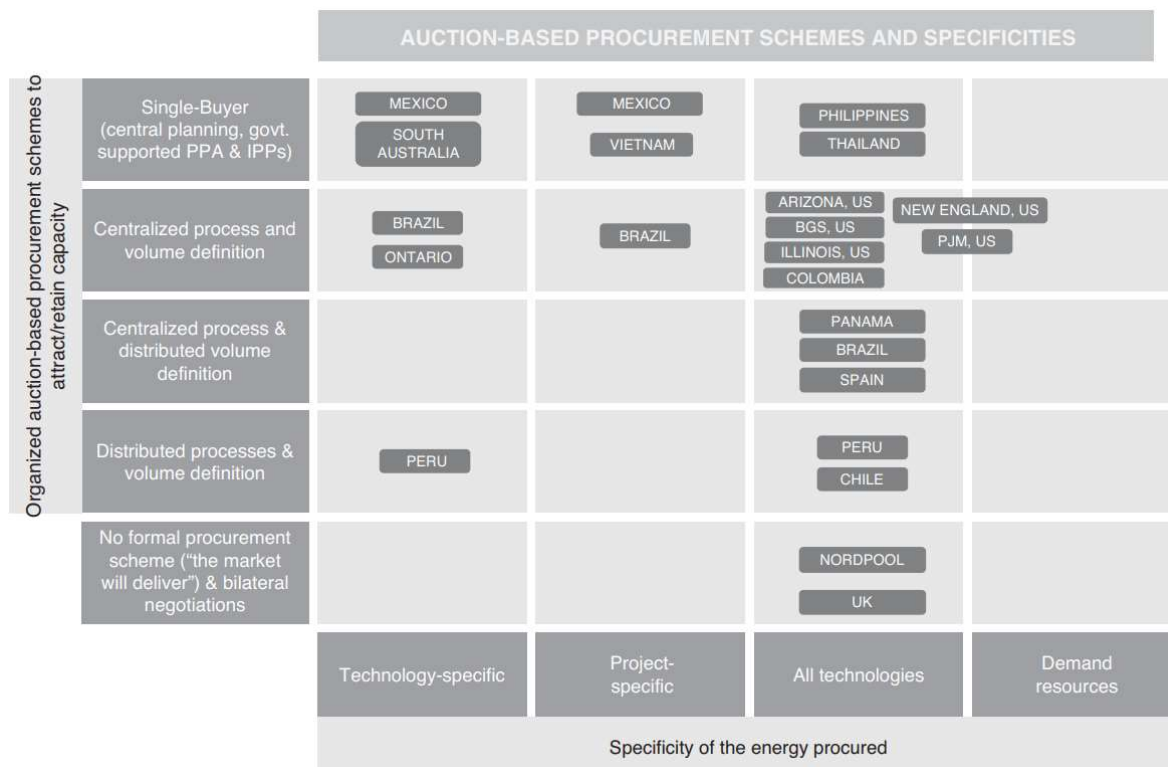
⁹⁶ Maurer e Barroso (2011) apresentam uma ampla descrição dos diferentes modelos adotados em diversos países, assim como as especificidades de seus mercados e as conjunturas que moldaram suas respectivas reformas institucionais do setor.

Figura 6 – Leilões adotados por alguns países conforme objetivos e estágio de desenvolvimento do mercado



Fonte: Maurer e Barroso (2011)

Figura 7 – Leilões adotados por alguns países conforme estruturas de contratação



Fonte: Maurer e Barroso (2011)

No caso brasileiro, a utilização de leilões de energia para o mercado regulado a partir das reformas institucionais de 2004 (com os leilões tendo início no ano de 2005) se caracterizou, desde o início, pela adoção de um modelo centralizado, com contratos de longo prazo⁹⁷, separação entre os distintos “tipos de energia” (conforme detalhado na sequência) e diluição dos riscos através do uso de um modelo de contratação conjunta realizada entre um *pool* de distribuidoras e geradores.

Os leilões são organizados unicamente pelo governo, envolvendo MME, ANEEL, EPE e CCEE em suas diversas etapas, em um esquema centralizado no qual as bases do processo, o cronograma, a minuta do contrato, as regras e o formato do leilão são determinados previamente pelos entes governamentais envolvidos. Os certames são realizados pela CCEE, por delegação da ANEEL, e através deles todas as distribuidoras devem contratar, conforme estabelecido pela Lei nº 10.848, de 15 de Março de 2004, a totalidade da energia necessária para atendimento de seu mercado no ACR⁹⁸:

“Art. 2º As concessionárias, as permissionárias e as autorizadas de serviço público de distribuição de energia elétrica do Sistema Interligado Nacional – SIN deverão garantir o atendimento à totalidade de seu mercado, mediante contratação regulada, por meio de licitação (...)”.

Todos os empreendimentos que desejam participar do processo devem ter seus projetos aprovados previamente pela EPE, em uma fase de pré-qualificação, e ter ainda um certificado de garantia física emitido pelo MME, que servirá de referência para as ofertas máximas que podem ser realizadas por cada empreendimento. Essa pré-qualificação dos empreendimentos também serve para auxiliar a determinação do preço máximo que será adotado no certame para cada tecnologia envolvida.

Em relação ao que se denomina por “tipos de energia”, os leilões atualmente realizados no país podem ser classificados, de acordo com seus objetivos, em seis categorias distintas:⁹⁹

⁹⁷ A Lei nº 10.848, de 15 de Março de 2004, estabelece que, para a energia proveniente de empreendimentos novos, o prazo de suprimento será de no mínimo 15 (quinze) anos e no máximo 35 (trinta e cinco) anos.

⁹⁸ Cabe notar que, neste caso, a projeção de carga fica a cargo das próprias distribuidoras, não havendo intervenção do governo nesse aspecto.

⁹⁹ Fonte: CCEE (<https://www.ccee.org.br/web/guest/mercado/leilao-mercado>).

- i. Leilão de Energia Nova (LEN)
Tem como objetivo atender o aumento de demanda (carga) das distribuidoras e, para tal, baseia-se na contratação de energia de usinas ainda não construídas (*Greenfield Projects*).
- ii. Leilão de Energia Existente (LEE)
Adotado para a contratação de energia gerada por usinas que se encontram em operação e, portanto, cujos investimentos já foram total ou parcialmente amortizados, implicando assim custos mais baixos.
- iii. Leilão de Energia de Reserva¹⁰⁰ (LER)
Utilizado para elevar a segurança no fornecimento de energia no SIN através da contratação de “energia adicional” proveniente de usinas novas ou existentes.
- iv. Leilão Estruturante (LPE)
Destina-se à contratação de energia de projetos específicos, considerados estratégicos e indicados pelo Conselho Nacional de Política Energética (CNPE).
- v. Leilão de Ajuste (LAJ)
Objetiva a adequação da contratação de energia realizada pelas distribuidoras, complementando eventuais desvios identificados entre suas contratações de energia nova e energia existente realizadas em leilões anteriores (a partir da demanda inicialmente projetada) e o real comportamento observado no desenvolvimento de sua carga.
- vi. Leilões de Fontes Alternativas (LFA)
Visa ao incremento da participação de energias renováveis na matriz energética (além de atender o aumento da demanda).

Além das categorias acima detalhadas, a partir de 2019 os leilões passaram a ser utilizados também para o suprimento de energia dos Sistemas Isolados (Leilão do Sistema Isolado – LSI)¹⁰¹, tendo sido realizados, até o final do ano de 2022, dois

¹⁰⁰ O termo “Energia de Reserva” não deve ser entendido como algo similar a um *backup*, principalmente se considerarmos que boa parte da energia contratada nesses leilões é proveniente de fontes renováveis e, portanto, não despacháveis. O termo aqui deve ser entendido como “energia adicional” acrescentada ao sistema, o que permite reduzir a depleção dos reservatórios nas usinas hidrelétricas.

¹⁰¹ Antes de 2019 chegaram a ser realizados outros três leilões para atendimento aos Sistemas Isolados, nos anos de 2014, 2015 e 2016, respectivamente, mas estes foram regidos por uma portaria

certames com tal objetivo: o primeiro, em 2019, para atendimento específico do Sistema Isolado Boa Vista, em Roraima, e o segundo, em 2021, para atendimento de sistemas isolados no Acre, Amazonas, Pará, Rondônia e Roraima. A partir de 2021, adotou-se ainda a realização dos chamados Leilões de Reserva de Capacidade (LRCap), com o objetivo de aumentar a confiabilidade do fornecimento através de acréscimo de potência ao SIN. Neste caso, os empreendimentos, sejam novos ou existentes, negociam apenas potência (basicamente, compromisso de geração em momentos de escassez ou estresse do sistema), mantendo sua geração de energia, sob certas condições, livre para negociação em outros mercados. O primeiro LRCap foi realizado em 2021 e o segundo está previsto para ocorrer em 2023 (inicialmente estava previsto para o final de 2022, mas o MME definiu pelo seu adiamento¹⁰², em busca de aprimoramentos em seus requisitos que permitissem uma ampliação da oferta e, consequentemente, um aumento da concorrência).

Além da distinção de acordo com os objetivos, os leilões de energia no país se diferenciam também pelo *lead time* considerado para o início de fornecimento, conforme apresentado na Figura 8.

Figura 8 – Tipos de leilão de acordo com o prazo para início de fornecimento



Fonte: CCEE (<https://www.ccee.org.br/web/guest/mercado/leilao-mercado>).

No que diz respeito à diluição dos riscos, o sistema adotado no Brasil considera, para cada leilão, um *pool* de distribuidoras cujas demandas são agregadas e leiloadas em conjunto pelo governo. Ao final do certame, as ofertas vencedoras são divididas, proporcionalmente, entre todas as distribuidoras participantes, que assinam um contrato diferente com cada um dos geradores vencedores. Esse mecanismo, além

anterior do MME (Portaria nº 600, de 30 de Junho de 2010) e possuíam características distintas em relação aos certames acima mencionados. Para maiores detalhes ver Castro et al. (2022).

¹⁰² Portaria nº 48/GM/MME, de 13 de Setembro de 2022.

de permitir que as distribuidoras menores também se favoreçam com economias de escala, dilui o risco de entrega da energia comprometida para as distribuidoras, dado que o montante total contratado está dividido entre todos os geradores vencedores, e dilui também o risco relacionado à receita dos geradores, uma vez que estas encontram-se divididas entre todos os distribuidores envolvidos no processo de contratação.

Por fim, além destas diferenças em relação à organização, condução e regulamentação dos certames, o Setor Elétrico Brasileiro também se destaca pela opção por formatos de leilões relativamente distintos em comparação com seus pares, conforme ilustrado pela Figura 9 (destaques do autor).

Figura 9 – Características dos Leilões de Energia em diversos países

Auction Design	Items	Advantage	Disadvantage	Countries
FPSB (single product)	Concession of power plants and transmission assets	Simplicity, easy to implement Handles weak competition	No price discovery	Vietnam, Peru
Pay-as-bid auction (multiple units of same product)	PPAs, Mid and long-term energy contracts	Simplicity, easy to implement Handles weak competition	No price discovery	Peru, Panama, Mexico
Uniform price auction (multiple units of same product)	CO ₂ emission allowances Spot energy Capacity contracts	Simplicity, easy to implement Handles weak competition Viewed as fair Attracts small bidders	No price discovery Possibly high political cost	US
Descending clock auction (single or simultaneous auctions)	Capacity contracts, energy contracts	Easy to implement Good price discovery Suitable for multiple products (simultaneous version) Less vulnerable to corruption (than sealed-bid auctions) Winners do not need to reveal all their information	Possibility of collusion when competition is weak "Seems" more complex	US, Spain, Colombia Ascending clock auction (auctioneer sells): France, Spain, US, Canada
Hybrid auctions (Descending clock phase followed by pay-as-bid phase)	Concessions of power plants, mid and long-term energy contracts	Speeds auction convergence Handles weak competition Good price discovery	(Second phase) Not easy to implement with multiple products Exposure problem (with multiple products)	Brazil
Combinatorial auctions	Mid and long-term energy contracts	No exposure problem Good price discovery if done in rounds	Difficult to implement	Chile
Two-sided auctions	Supply and demand resources	Increases welfare Mitigates anti-competitive behavior	More complex, less familiar Typical difficulties in engaging demand to respond to prices	ISO-NE and PJM

Fonte: Maurer e Barroso (2011).

Desde as reformas institucionais de 2004, os leilões do setor de energia no Brasil sempre se caracterizaram pela adoção de mecanismos híbridos, com os principais formatos empregados baseando-se em três modelos distintos, conforme detalhado na sequência.¹⁰³

i. Modelo Híbrido I

Utilizado para os leilões de energia no período de 2004 a 2017, contempla uma primeira etapa aberta e descendente, na qual se utiliza um fator de sobre demanda para determinar os classificados para a etapa posterior, seguida por uma etapa selada de preço discriminatório, que possui como preço de reserva o valor final atingido na primeira etapa. Em linhas gerais, trata-se do formato *Anglo-Dutch*, proposto por Ken Binmore e Paul Klemperer para os leilões de 3G no Reino Unido¹⁰⁴, mas utilizado sob uma ótica de licitações¹⁰⁵.

ii. Modelo Híbrido II

Adotado a partir de 2017 nos leilões de energia¹⁰⁶, compreende uma fase selada não eliminatória, que permite o redirecionamento de demanda entre as fontes e determina o preço inicial da fase posterior, seguida por uma etapa aberta, descendente e simultânea. No caso da segunda etapa, tem-se, basicamente, uma licitação baseada no formato proposto por Paul Milgrom, Robert Wilson e Preston McAfee para os leilões de espectro de frequência nos Estados Unidos¹⁰⁷.

iii. Modelo Híbrido III

O terceiro formato, utilizado, dentre outros, em leilões estruturantes, leilões de transmissão e leilões de privatização e concessões em geral, possui uma primeira etapa selada que, no caso de diferença inferior a 5% entre o primeiro colocado e algum dos demais participantes, será seguida por uma etapa aberta descendente (no caso de licitações) ou ascendente (no caso

¹⁰³ Para um maior detalhamento dos formatos de leilões de energia, ver Hochberg e Poudineh (2018) e Tolmasquim et al. (2021).

¹⁰⁴ Ver Binmore e Klemperer (2002).

¹⁰⁵ Notar que, na verdade, os leilões de energia correspondem a licitações, uma vez que consistem no governo realizando a aquisição de energia a partir de um critério de menor preço.

¹⁰⁶ De acordo com Viana (2019), a mudança foi motivada pela manipulação do formato anterior pelos participantes, cujo aprendizado permitiu a identificação de brechas na sistemática (na primeira etapa os competidores submetiam apenas o primeiro lance e depois paravam em conjunto, forçando o sistema a passar para a etapa seguinte com um preço teto maior).

¹⁰⁷ Ver McMillan (1995).

de leilões). Essa segunda etapa envolve apenas os participantes classificados na etapa anterior, ou seja, aqueles cujos lances estavam dentro do intervalo de 5% em relação ao primeiro colocado.

No entanto, cabe destacar que a opção por esses modelos híbridos, justificada pela busca em conjugar os melhores aspectos de cada formato no que diz respeito a atributos entendidos como relevantes para o caso brasileiro, além de distinguir o país em relação a seus pares, não corresponde a um ponto de consenso e tem sido, ao longo de sua utilização, motivo de críticas e elogios.¹⁰⁸

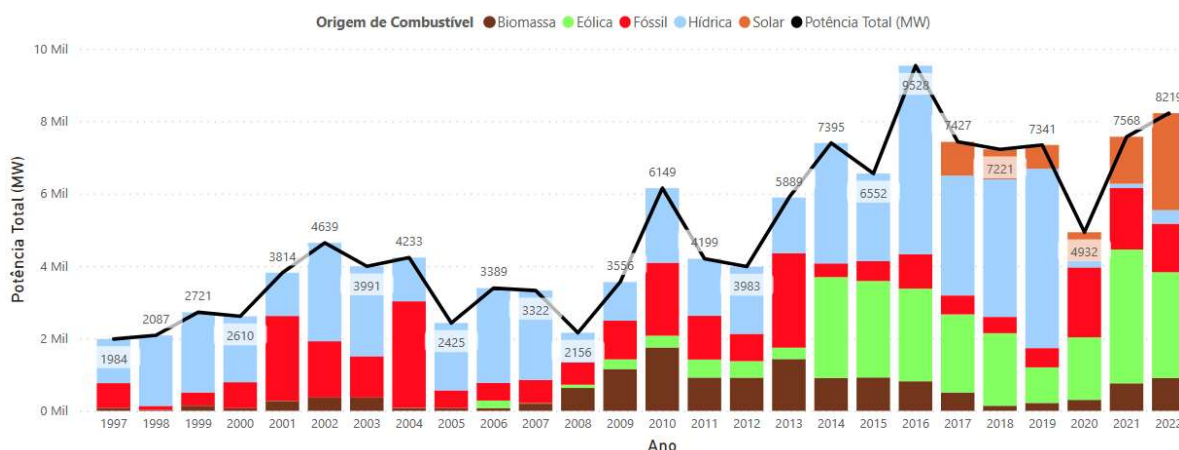
¹⁰⁸ Ver Dutra e Menezes (2002), Binmore et al. (2004), Colnago Jr. (2004), Dutra e Menezes (2005), Correia et. al. (2006), Maurer e Barroso (2011), Rego e Parente (2013), Hochberg e Poudineh (2018) e Tolmasquim et al. (2021).

8. O PROBLEMA DE ACESSO AO SISTEMA INTERLIGADO NACIONAL

8.1 A EXPANSÃO DAS FONTES RENOVÁVEIS E A CORRIDA POR OUTORGAS DECORRENTE DA LEI Nº 14.120 DE 2021

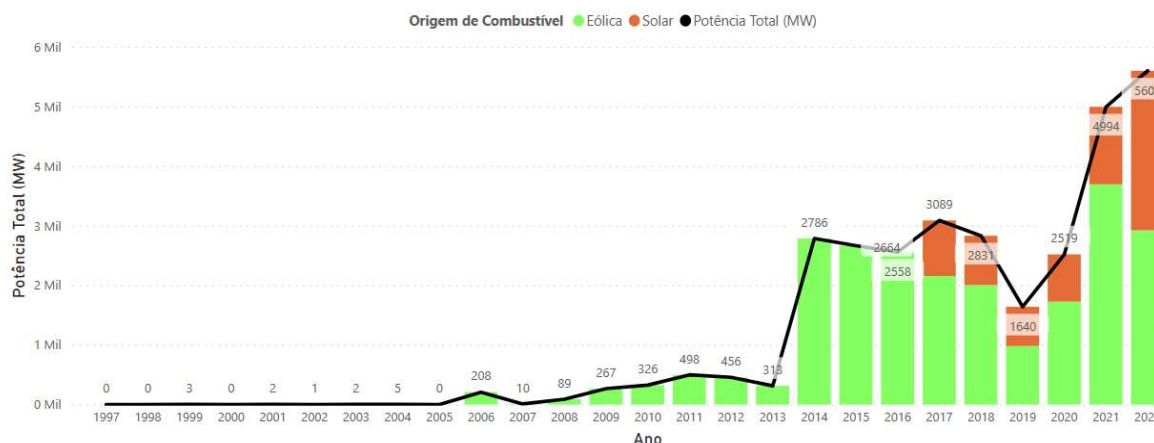
A década de 2010 foi marcada pelo início de um crescimento mais expressivo das chamadas fontes renováveis alternativas, representadas, no caso brasileiro, principalmente pela geração eólica (EOL) e pela geração solar fotovoltaica (UFV). A Figura 10 apresenta a evolução anual detalhada dos acréscimos de geração no país, por fonte, a partir de 1997, enquanto a Figura 11 destaca, para o mesmo período, os acréscimos apenas das fontes eólicas e solar fotovoltaica.

Figura 10 – Unidades Liberadas para Operação Comercial (Brasil, 1997-2022)



Fonte: ANEEL – Relatórios e Indicadores - Ralie - Acompanhamento da Expansão da Geração – Resumo Geral de Operação Comercial (Atualização de 13/02/23)

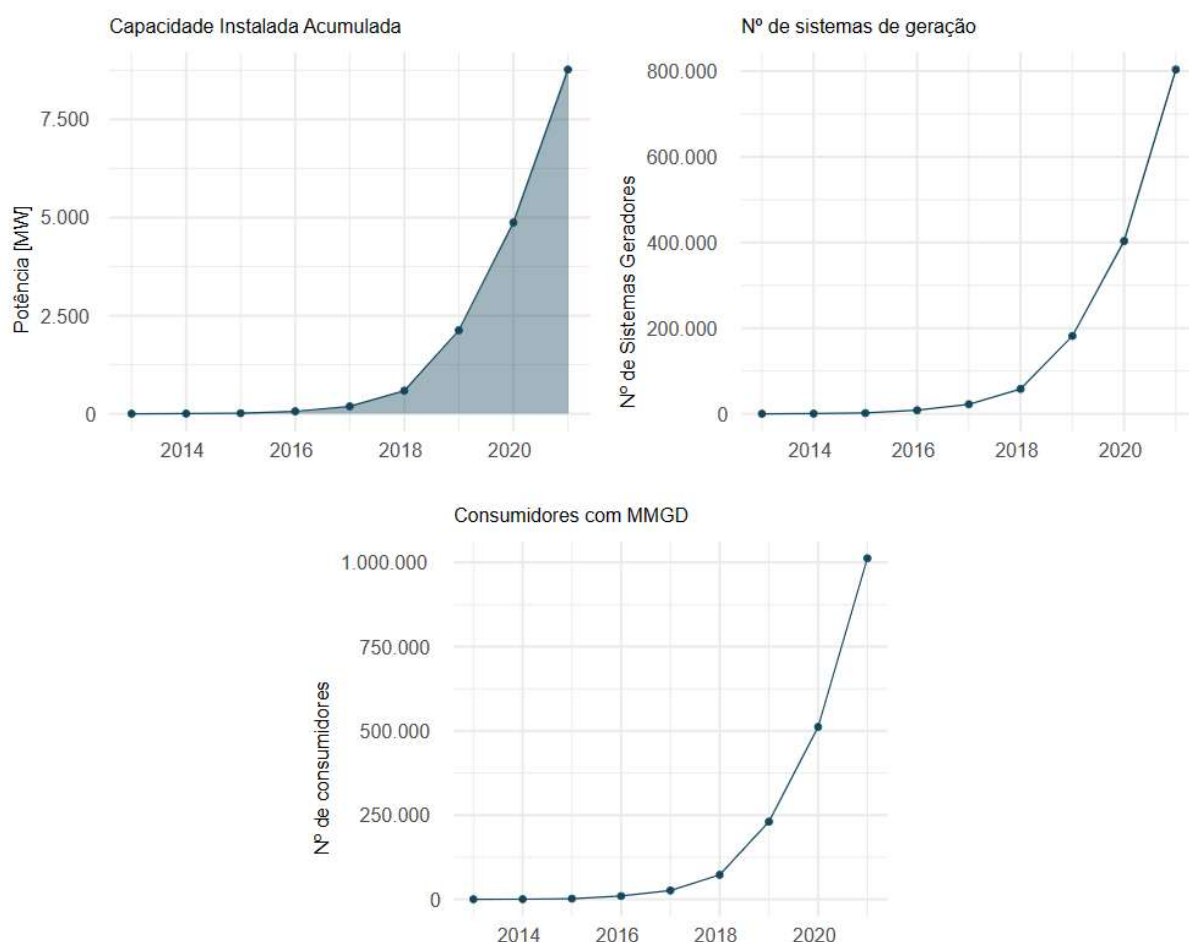
Figura 11 – Unidades Liberadas para Operação Comercial – UFV e EOL (Brasil, 1997-2022)



Fonte: ANEEL - Relatórios e Indicadores - Ralie - Acompanhamento da Expansão da Geração – Resumo Geral de Operação Comercial (Atualização de 13/02/23)

Ainda neste contexto de expansão das fontes renováveis, merece destaque também o ritmo acelerado de expansão Micro e Minigeração Distribuída (MMGD)¹⁰⁹, principalmente aquela proveniente de fontes solares fotovoltaicas, conforme indicado na Figura 12.

Figura 12 – Expansão da MMGD Solar Fotovoltaica



Fonte: EPE – Painel de Dados de Micro e Minigeração Distribuída¹¹⁰

Esta evolução culminou com as fontes renováveis atingindo, em 2021, cerca de 85% de participação na matriz elétrica do país (contra uma média mundial inferior a 30% em 2020¹¹¹), com as gerações solar fotovoltaica, eólica e autoprodução

¹⁰⁹ A MMGD consiste em fontes renováveis conectadas na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras. Denomina-se microgeração distribuída a central geradora com potência instalada até 75 quilowatts (KW) e, minigeração distribuída, aquela com potência acima de 75 kW e menor ou igual a 5 MW. Fonte: ANEEL (Disponível em: <https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/geracao-distribuida>).

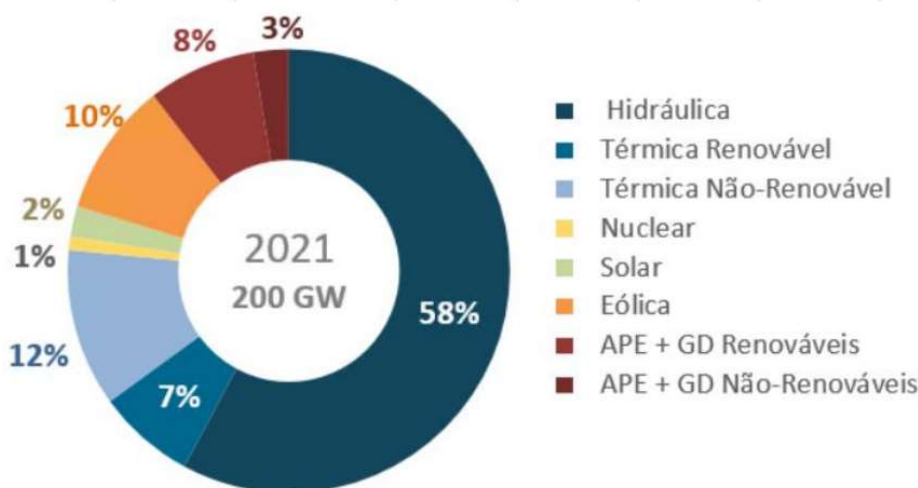
¹¹⁰ Site consultado em 20/02/2023.

¹¹¹ Fonte: EPE - Matriz Energética e Elétrica

(Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>).

distribuída renovável¹¹² chegando a aproximadamente 20% do total, conforme indicado na Figura 13.

Figura 13 – Matriz Elétrica Brasileira (Capacidade Instalada por Fonte)

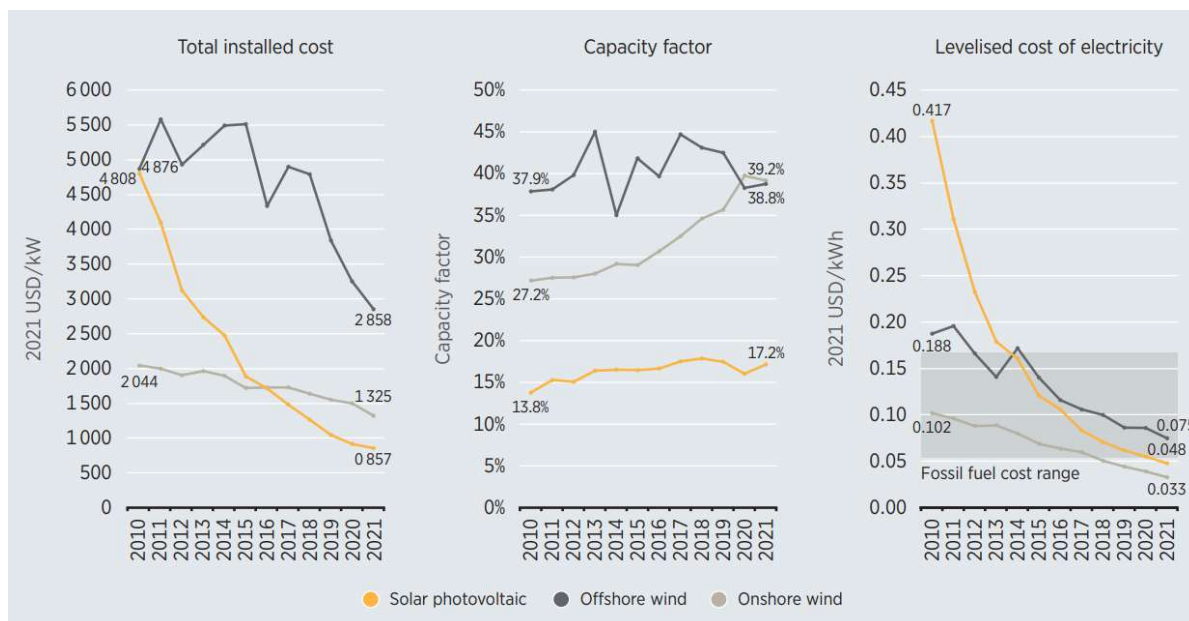


Fonte: EPE (2022)

A expansão acelerada das fontes renováveis pode ser atribuída a diversos aspectos, dentre os quais destaca-se, obviamente, a questão climática e a preponderante necessidade de transição energética, assim como o potencial do país em relação a determinadas fontes específicas. No entanto, dois outros fatores possuem também contribuição fundamental para essa recente aceleração: o barateamento dos custos relacionados a tais fontes, conforme ilustrado pela Figura 14 e Figura 15, e o estabelecimento de diversas políticas de subsídios e incentivos para as fontes em questão.

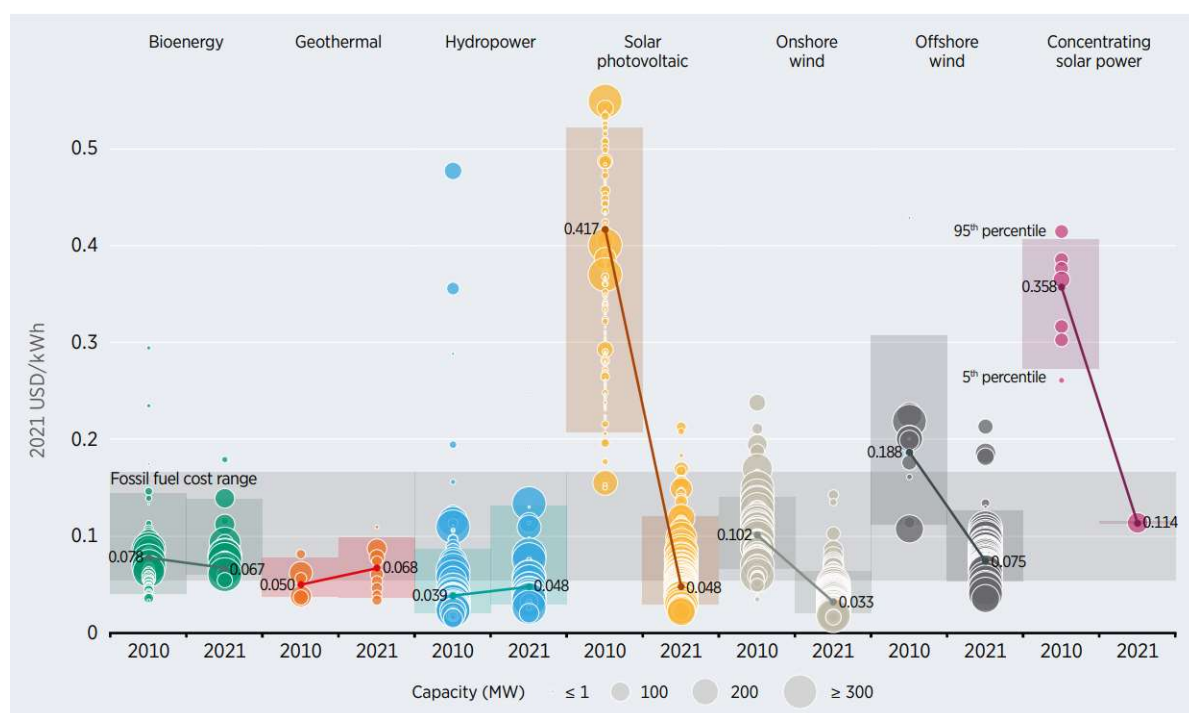
¹¹² Na Figura 13 a geração baseada em autoprodução distribuída renovável é representada pela legenda “APE + GD Renováveis”.

Figura 14 – Média Ponderada Global para Custos Totais, Fatores de Capacidade e LCOE (Levelized Cost of Energy), 2010-2021



Fonte: IRENA (2022).

Figura 15 – Média Ponderada Global para LCOE (Levelized Cost of Energy) por Fontes Renováveis, 2010-2021



Fonte: IRENA (2022).

No que diz respeito aos subsídios, a adoção do Sistema de Compensação de Energia Elétrica¹¹³ e os incentivos estaduais promovidos por meio de reduções no

¹¹³ Ver SILVA, L. S. et al. (2021).

ICMS¹¹⁴ tiveram forte impacto na expansão da Geração Distribuída. De um ponto de vista mais geral, teve grande relevância o estabelecimento de descontos na Tarifa de Uso do Sistema de Transmissão (TUST) e na Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição (TUSD), de acordo com as alterações dispostas pela Lei nº 13.360, de 17 de Novembro de 2016, e pela Lei nº 13.203, de 8 de Dezembro de 2015, modificando a Lei nº 9.427, de 26 de Dezembro de 1996, conforme trechos destacados na sequência (grifos do autor):

“Art. 26. Cabe ao Poder Concedente, diretamente ou mediante delegação à ANEEL, autorizar:

[...]

§ 1º Para o aproveitamento referido no inciso I do caput deste artigo, para os empreendimentos hidroelétricos com potência igual ou inferior a 5.000 kW (cinco mil quilowatts) e para aqueles com base em fontes solar, eólica, biomassa e cogeração qualificada, conforme regulamentação da Aneel, incluindo proveniente de resíduos sólidos urbanos e rurais, cuja potência injetada nos sistemas de transmissão ou distribuição seja menor ou igual a 30.000 kW (trinta mil quilowatts), a Aneel estipulará percentual de redução não inferior a 50% (cinquenta por cento) a ser aplicado às tarifas de uso dos sistemas elétricos de transmissão e de distribuição (...). (Redação dada pela Lei nº 13.360, de 2016)

[...]

§ 1º-A Para empreendimentos com base em fontes solar, eólica, biomassa e, conforme regulamentação da Aneel, cogeração qualificada, a Aneel estipulará percentual de redução não inferior a 50% (cinquenta por cento) a ser aplicado às tarifas de uso dos sistemas elétricos de transmissão e de distribuição, incidindo na produção e no consumo da energia proveniente de tais empreendimentos, comercializada ou destinada à autoprodução, pelos aproveitamentos, desde que a potência injetada nos sistemas de transmissão ou distribuição seja maior que 30.000 kW (trinta mil quilowatts) e menor ou igual a 300.000 kW (trezentos mil quilowatts) (...). (Incluído pela Lei nº 13.203, de 2015)”

Esse protagonismo cada vez maior das fontes renováveis, com o aumento de sua participação na expansão da oferta, gera desafios ao setor como um todo, seja em função das especificidades técnicas e operacionais dessas fontes, ou mesmo por conta de seus modelos de expansão.

Em relação aos desafios ligados às características dessas fontes, podemos destacar sua inerente intermitência e reduzido fator de capacidade¹¹⁵, sua baixa contribuição ao atendimento instantâneo de potência (aspecto crucial para a

¹¹⁴ Um exemplo representativo destes incentivos estaduais vem do estado de Minas Gerais que, através da Lei nº 23.672, de 6 de Janeiro de 2021, estabeleceu a isenção de ICMS para a “energia elétrica fornecida pela distribuidora a unidade consumidora participante do sistema de compensação de energia elétrica” e para “equipamentos, peças, partes e componentes utilizados em microgeração e minigeração distribuída”.

¹¹⁵ O fator de capacidade de uma fonte de geração consiste na relação, em um determinado período de tempo, entre a sua produção efetiva e sua capacidade total instalada.

confiabilidade do suprimento, demandando, portanto, a contratação desse atributo via outras fontes) e o incremento da criticidade dos requisitos de flexibilidade na operação do sistema.¹¹⁶

No que concerne à expansão do sistema, passa a predominar um modelo em que a ampliação da geração deixa de ser obtida através de grandes projetos hidrelétricos e contratações realizadas majoritariamente no ACR, passando a estar pulverizada em um maior número de empreendimentos, com ampla dispersão geográfica e contratações realizadas, predominantemente, no ACL. Essas características resultam em um desafio relevante para o planejamento e expansão da transmissão que, conforme PDE 2031, passa *“a contar com maior dificuldade no gerenciamento de informações relativas à prospecção da oferta de geração, reduzindo a previsibilidade dos montantes e da sua localização”*¹¹⁷.

Como as soluções de fornecimento para o ACL tendem a estar relacionadas a projetos de execução mais rápida e, portanto, com tempos mais exíguos para a conexão dos empreendimentos ao SIN, obtém-se também uma dinâmica com menor sincronia entre os prazos comerciais e os processos relacionados à infraestrutura de rede. Esse descasamento se torna especialmente relevante no caso das diferenças entre os prazos de implantação dos projetos de geração eólica e solar fotovoltaica e os prazos dos projetos de transmissão, aumentando os desafios para o cenário em análise.

Por fim, a Lei nº 9.074, de 7 de Julho de 1995, que em sua Seção III estabelece o chamado “Marco do Livre Acesso aos Sistemas de Transmissão” (conforme trecho reproduzido a seguir), torna a situação ainda mais complexa, pois permite que toda essa expansão acelerada da geração, cuja sincronia com a ampliação e reforços da rede estará prejudicada, esteja imediatamente apta a pleitear um acesso ao SIN.

“§ 6º É assegurado aos fornecedores e respectivos consumidores livre acesso aos sistemas de distribuição e transmissão de concessionário e permissionário de serviço público, mediante ressarcimento do custo de transporte envolvido, calculado com base em critérios fixados pelo poder concedente.”

¹¹⁶ A interrupção de geração das fontes renováveis ao longo do dia coincide com momentos de pico de carga, o que, somado à sobregeração destas fontes em outros períodos, tem feito com que o atendimento nestas ocasiões demande uma rampa de geração, a ser obtida via fontes despacháveis, cada vez mais inclinada e com montantes cada vez mais elevados.

¹¹⁷ EPE (2022), pág. 116.

Não bastassem as dificuldades impostas pela atual expansão das fontes renováveis, ao alterar o inicialmente disposto na Lei nº 9.427, de 26 de Dezembro de 1996, conforme indicado a seguir (grifos do autor), a Lei nº 14.120, de 1º de Março de 2021, somou novos fatos aos desafios já existentes.

“Art. 4º O art. 26 da Lei nº 9.427, de 26 de dezembro de 1996, passa a vigorar com a seguinte redação:

Art. 26.

[...]

§ 1º-C. Os percentuais de redução de que tratam os §§ 1º, 1º-A e 1º-B deste artigo serão aplicados:

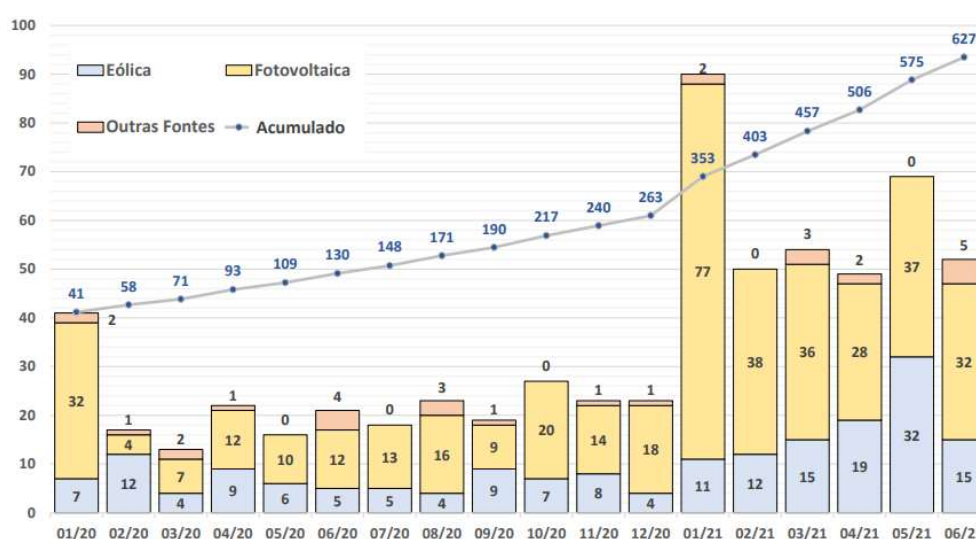
*I - aos **empreendimentos que solicitarem a outorga, conforme regulamento da Aneel, no prazo de até 12 (doze) meses, contado a partir da data de publicação deste inciso, e que iniciarem a operação de todas as suas unidades geradoras no prazo de até 48 (quarenta e oito) meses, contado da data da outorga;** e*

[...]

§ 1º-E. Os descontos de que trata o § 1º-D deste artigo serão válidos enquanto os respectivos empreendimentos se mantiverem em operação, mas não poderão ser transferidos a terceiros.”

Como seria de se esperar, essa mudança nas regras, retirando os subsídios da TUST e TUSD que prevaleciam para fontes renováveis e criando um prazo de transição de 12 (doze) meses, gerou uma corrida por outorgas (principalmente de empreendimentos de geração solar fotovoltaica e, em menor escala, geração eólica). O gráfico apresentado na Figura 16, com dados das solicitações de Informação de Acesso¹¹⁸ antes e depois da mudança na legislação, ilustra essa situação.

Figura 16 – Número de solicitações de Informação de Acesso (por tipo de Fonte)

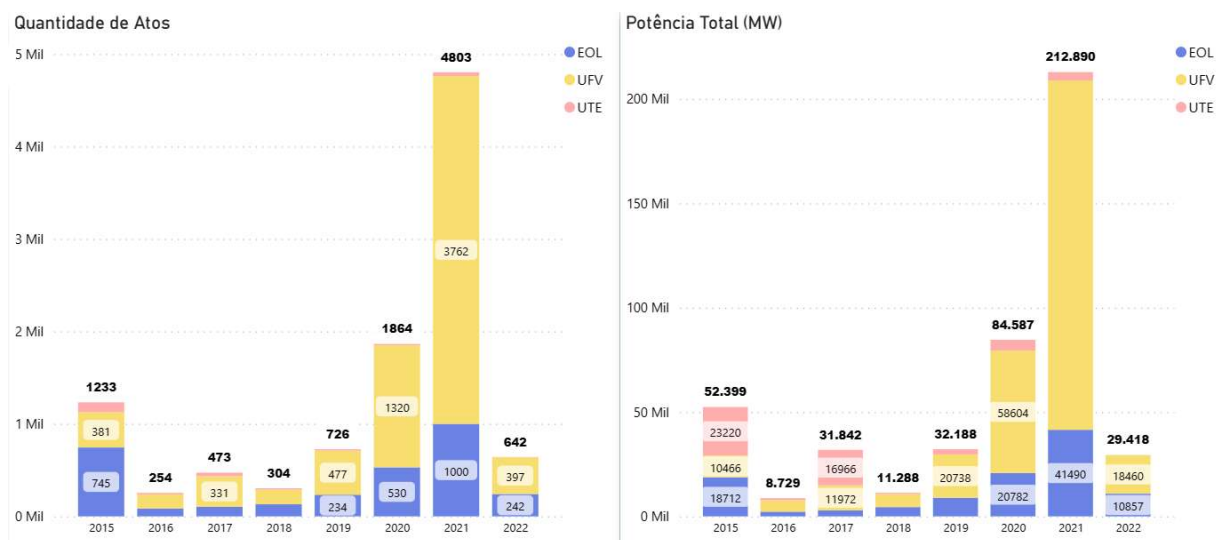


Fonte: ONS (via Processo MME 48330.000152/2021-30).

¹¹⁸ A Informação de Acesso consiste em um documento emitido pelo ONS, no âmbito do processo de consulta de acesso, para os casos de obtenção ou alteração de outorga de autorização para exploração de central geradora. Fonte: ONS (<https://www.ons.org.br/paginas/conhecimento/glossario>).

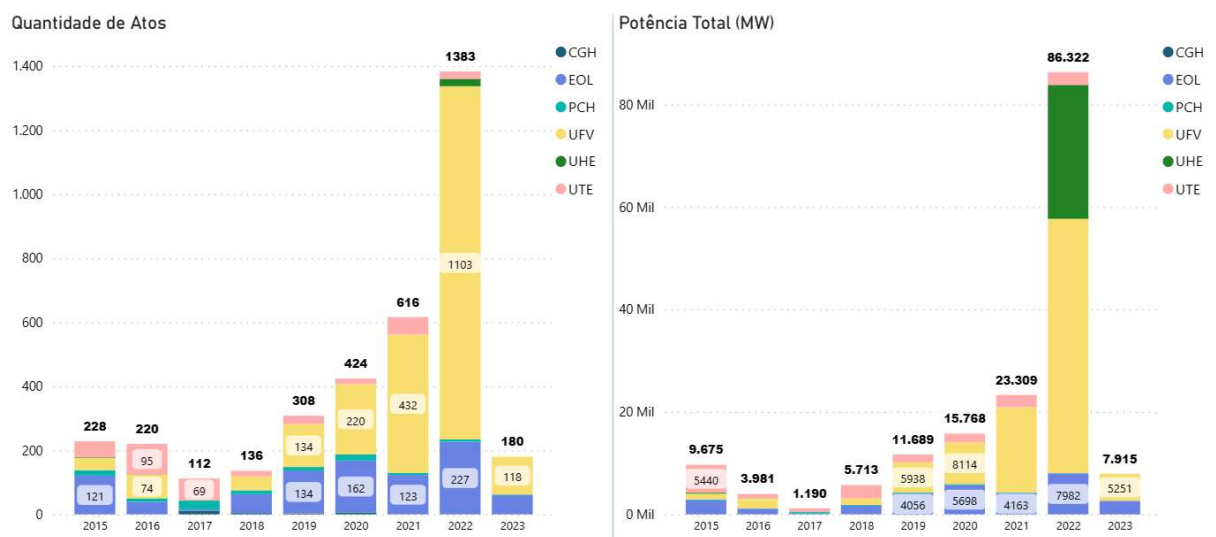
Essa situação também pode ser evidenciada a partir dos gráficos apresentados na Figura 17 e Figura 18, em que se verifica, respectivamente, a evolução na emissão de Despachos de Registros de Recebimento de Outorga (DRO) e Outorgas.¹¹⁹

Figura 17 – DROs emitidos a partir de 2015 (por tipo de Fonte)



Fonte: ANEEL – Relatórios e Indicadores - Atos de Outorga da Geração (Atualização de 17/02/23)

Figura 18 – Atos de outorga de geração emitidos a partir de 2015 (por tipo de Fonte)



Fonte: ANEEL – Relatórios e Indicadores - Atos de Outorga da Geração (Atualização de 17/02/23)

¹¹⁹ O fluxo regulatório atual para um empreendimento de geração sem Contrato de Compra de Energia no Ambiente Regulado (CCEAR) prevê a seguinte ordem de processos: Despacho de Registro de Recebimento de Outorga (DRO), Informação de Acesso (IA), Outorga, Parecer de Acesso (PA), Contratos de Uso do Sistema de Transmissão (CUST), Declarações de Atendimento aos Requisitos dos Procedimentos de Rede (DAPR) e Operação Comercial.

Diante do exposto e conforme indicado em Nota Técnica do MME:

“(...) é razoável se supor que uma das causas associadas ao incremento dos pedidos de acesso e outorga mais recentes têm, em alguma medida, relação com o fim estipulado de novas concessões de descontos nas tarifas de uso dos sistemas elétricos de transmissão e de distribuição ou mais especificadamente com a regra de transição estabelecida pela MP 998/2020, convertida na Lei nº 14.120/2021.

É possível que o incremento mais recente dos pedidos demonstre, em alguma medida, o interesse do mercado em atender os requisitos da regra de transição e assim caracterizar empreendimentos de geração como aptos a receberem os descontos.”.¹²⁰

Soma-se a isso a análise apresentada pelo ONS¹²¹ indicando que, uma eventual expansão da transmissão para atendimento dessa ampliação da oferta de geração por fontes renováveis, não será acompanhada por um aumento proporcional da demanda. Essa mesma análise do ONS ressalta ainda que, como o crescimento das fontes renováveis ocorrerá predominantemente na Região Nordeste, o escoamento de sua geração estaria diretamente ligado à necessidade de aumento da interligação entre os subsistemas do SIN. Desta forma, uma vez que as interligações entre subsistemas são remuneradas por todos os usuários da rede, essa opção, inevitavelmente, implica o aumento do custo para os consumidores finais.¹²²

Neste ponto, cabe destacar que a matriz elétrica brasileira atualmente possui cerca de 189,6 GW de capacidade de geração instalada (com mais 16,8 GW em projetos outorgados com construção em andamento, totalizando aproximadamente 206,4 GW).¹²³

Conforme dados do ONS¹²⁴, entre Janeiro e Outubro de 2021, apenas para as regiões Norte e Nordeste, em conjunto com os estados de Minas Gerais e Goiás, foram emitidos Pareceres Técnicos que indicam interesse de acréscimo de aproximadamente 165 GW somente em geração eólica e solar fotovoltaica. Ou seja, trata-se de um montante que representaria quase um “novo Brasil” em termos de capacidade instalada.¹²⁵

¹²⁰ MME (2021b), pág. 8.

¹²¹ Ver ONS (2021b).

¹²² Tem-se uma expansão do sistema e, consequentemente, expansão da TUST, sem que ocorra um aumento similar do Montante de Uso do Sistema de Transmissão (MUST) dos usuários. Logo a receita média a ser recuperada cresce mais do que o MUST dos usuários, gerando assim um aumento da TUST média para os consumidores.

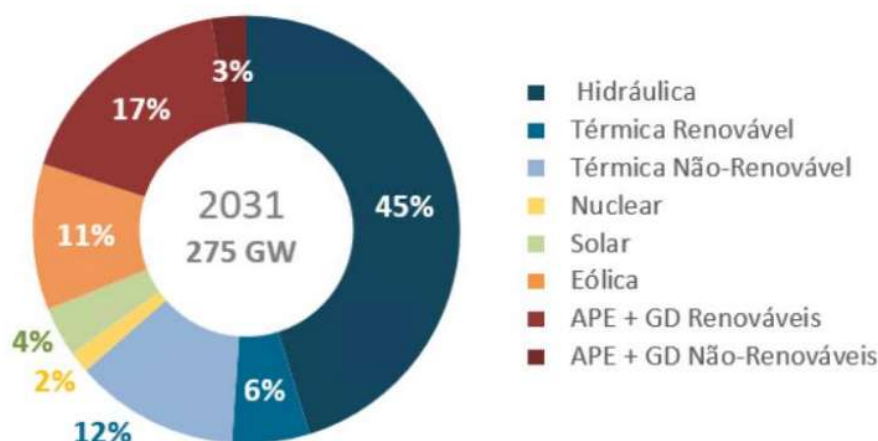
¹²³ Fonte: ANEEL – Relatórios e Indicadores – Geração - SIGA - Sistema de Informações de Geração da ANEEL (Atualização de 17/02/2023).

¹²⁴ Ver ONS (2021c).

¹²⁵ Obviamente, nem todos os projetos relacionados a estes pareceres técnicos serão efetivamente implantados (por exemplo, aqueles que não conseguirem comercializar sua energia). No entanto, dada a monta da capacidade total envolvida, esse aspecto continua relevante mesmo considerando os

Mais ainda, considerando o cenário de referência previsto para o ano de 2031 no Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE), a capacidade instalada no país, ao final desse período, seria de aproximadamente 275 GW (conforme apresentado na Figura 19), com cerca de 37 GW da expansão vindo da Micro e Minigeração Distribuída (MMGD)¹²⁶ e apenas algo em torno de 43 GW sendo obtidos via expansão da geração centralizada¹²⁷.

Figura 19 – Capacidade instalada prevista, no cenário de referência, para 2031



Fonte: EPE (2022)

Ou seja, ao final tem-se uma situação em que, para o próximo horizonte decenal, a demanda projetada para a geração centralizada, e até mesmo para a capacidade instalada total, estaria muito abaixo dos valores que eventualmente seriam aportados ao sistema a partir dos projetos que deram entrada no processo de outorga ou pedido de acesso após a mudança na legislação.

Deste modo, a conjunção dos cenários aqui expostos dá origem ao problema de acesso ao Sistema Interligado Nacional a ser abordado neste trabalho, conforme caracterização a ser apresentada na próxima seção.

8.2 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

Conforme detalhado na Seção 8.1, a rápida expansão da oferta de fontes renováveis, em conjunto com o aumento do número de pedidos por outorgas decorrente da sanção da Lei nº 14.120 de 2021, suscitou um cenário caracterizado

eventuais fracassos que, naturalmente, ocorrerão ao longo do ciclo de desenvolvimento dos empreendimentos.

¹²⁶ EPE (2022), Tabela 9-5 na pág. 270.

¹²⁷ EPE (2022), pág. 104.

pelo número extremamente elevado de agentes de geração buscando acesso ao Sistema Interligado Nacional. Esse número se mostra não apenas superior à capacidade de atendimento do sistema, como também superior à própria demanda projetada para horizontes suficientemente longos, o que, portanto, não justificaria a expansão da rede para acomodar a oferta de grande parte desta capacidade de geração.

Estabelece-se assim um quadro de grande competição pela capacidade de transporte do SIN, via sua respectiva margem de escoamento remanescente, que passa a se caracterizar como um recurso escasso (em oposição ao que ocorria em passado recente), com limites econômicos e técnicos para atendimento a todos os interessados.

Diante de tal cenário, o processo atualmente vigente para acesso ao sistema de transmissão, que se utiliza de um critério de fila (ordem cronológica), deixa de ser adequado e, a adoção de um mecanismo competitivo para contratação da margem de escoamento, passa a ser fundamental para a obtenção de maior eficiência alocativa no processo e a acomodação da nova realidade do setor. Esse mecanismo passou a ser permitido a partir do Decreto nº 10.893, de 14 de janeiro de 2021:

“Art. 2º A Aneel poderá promover, direta ou indiretamente, conforme as diretrizes estabelecidas pelo Ministério de Minas e Energia, procedimento competitivo para a contratação de margem de escoamento para acesso ao Sistema Interligado Nacional.”

Além da alocação mais adequada dos recursos, uma solução baseada em um mecanismo competitivo possibilita a criação de um procedimento simples, com elevado nível de transparência e que incentive a concorrência entre os agentes do setor, características pelas quais o modelo atual não se destaca.

Adicionalmente, esse tipo de solução permite ainda buscar outros atributos desejáveis ao processo, como a maximização do uso da rede e o aumento do nível de *enforcement*, além de possibilitar soluções que otimizem e simplifiquem as etapas de Solicitação de Informação de Acesso, Emissão de Outorgas e Obtenção de Parecer de Acesso, o que tem se mostrado um aspecto crucial nesse novo contexto de elevada demanda pelo acesso ao sistema de transmissão.

Cabe destacar que o problema apresentado não é uma particularidade do Sistema Elétrico Brasileiro (SEB). Todos os países que atualmente experimentam uma expansão acentuada de sua geração de energia via fontes renováveis, até

mesmo pelas características inerentes a estas e pela forma como essa expansão tem ocorrido, estão de alguma maneira se deparando com situação similar¹²⁸.

Em geral, frente a tal problema, o setor tem mantido a preferência por alguma variação ou aprimoramento do método comumente utilizado, denominado “*First Come First Served*” (por exemplo, migrando para um método de “*First Ready First Served*” ou mantendo-se o critério anterior acrescentado de alguns atributos adicionais a serem avaliados na seleção). O diagnóstico apresentado em Thema Consulting Group (2020) resume bem a situação (grifos do autor):

*“(...) countries effectively use first-come-first-serve prioritization for connections, occasionally with special priority given to renewable generators. The only alternatives to have received consideration are the use of open seasons, with applications within an application window processed collectively, and the use of auctions. However, only one such open season was ever held and **thinking about auctions has never progressed beyond the initial concept stage.**”*

Este trabalho inova ao apresentar, para além de uma proposição inicial, uma solução para o problema de acesso ao sistema de transmissão baseada na utilização de leilões.

Não obstante, ainda que a proposta aqui apresentada tenha algo de inovadora em seu uso para o acesso à transmissão, toda a discussão envolvida em muito se assemelha às discussões da década de 1990, quando do início dos grandes leilões de espectro de frequência (tema esse que, por sua vez, remonta a Coase (1959) e sua proposta de venda do espectro de rádio). E, de forma similar aos eventos e cenários que motivam aqui uma proposta para mudança de paradigma no acesso à rede de transmissão, também no que diz respeito ao espectro de frequência, a adoção de mecanismos competitivos não foi considerada até que os processos vigentes comesçassem a apresentar problemas (no caso dos Estados Unidos, primeiro com os processos administrativos inicialmente adotados e, na sequência, com as loterias que vieram para substituí-los¹²⁹). Desta maneira, muito se ganha com a leitura dos artigos de destaque dessa época (que não sem razão, serão aqui citados em diversos momentos).

¹²⁸ Para alguns exemplos, incluindo as experiências recentes do Reino Unido, Itália, Suécia, Dinamarca, Espanha e diversos sistemas dos Estados Unidos, ver Caspary et al. (2021), Clifford Chance (2021), Gramlich, R. et al. (2021) e Thema Consulting Group (2020).

¹²⁹ Ver McAfee et al. (2010).

9. TEORIA DOS LEILÕES

O trabalho apresentado nesta Parte II se fundamenta nos principais modelos e resultados da teoria dos leilões, assim como em suas referências basilares. Dada a revisão exaustiva realizada acerca do tema na Parte I desta dissertação, ainda que sob a ótica de licitações, aqui toma-se a liberdade de tratar como conhecido o essencial da teoria. Neste sentido, demonstrações e maiores detalhamentos teóricos são reservados apenas para itens não abordados anteriormente ou relacionados a tópicos específicos.

Para o leitor que porventura se interesse em revisitar em maiores detalhes os aspectos aqui suprimidos, recomenda-se consultar a própria Parte I deste trabalho, que possui um detalhamento bastante rigoroso dos principais modelos e resultados utilizados, ou então livros que compilam de forma excelente o status atual da teoria dos leilões, como, por exemplo, Krishna (2010).

Ainda assim, em favor da didática e melhor exposição, a seguir alguns itens são apresentados resumidamente como forma de revisão e referência.

9.1 MODELO BÁSICO

Em toda a Parte II, como modelo básico de referência adotaremos a construção tradicional baseada em valores privados, independentes e simétricos, em que um vendedor neutro ao risco (leiloeiro) deseja vender um bem indivisível para N possíveis compradores neutros ao risco e sem restrições de orçamento (participantes).

Cada participante i atribui um valor x_i ao bem que está sendo leiloado, sendo esse valor modelado pela variável aleatória X_i distribuída no intervalo $[0, \omega_i] \in \mathbb{R}_+$ com função distribuição de probabilidade $F_i(\cdot)$ e função densidade de probabilidade $f_i(\cdot)$.

Neste caso, podemos ver a distribuição $F_i(\cdot)$ como uma descrição dos possíveis valores do participante i de uma perspectiva *ex-ante* (ou seja, antes de conhecer ao certo suas especificidades).

As premissas consideradas para o modelo básico postulam o seguinte:

i. Valores Independentes

Cada participante possui sua própria distribuição $F_i(\cdot)$ e cada uma destas distribuições é estatisticamente independente das demais.

ii. Valores Privados

O conhecimento dos valores dos outros participantes não afeta um participante em particular (a informação privada de cada participante é suficiente para a determinação de seu próprio valor).

iii. Valores Simétricos

Todos os participantes são *ex-ante* idênticos, o que significa supor:

$$\omega_i = \omega \quad \forall i$$

$$F_i(\cdot) = F(\cdot) \quad \forall i$$

Portanto, a premissa de independência, em conjunto com a premissa de simetria, faz com que cada realização de x_i seja uma retirada independente da mesma distribuição $F(\cdot)$.

Adicionalmente, considera-se ainda que as funções densidade de probabilidade $f_1, \dots, f_N$, assim como o número de participantes N , são de conhecimento comum de todos os envolvidos e, por fim, postula-se que $F(\cdot)$ admite função densidade de probabilidade contínua $f(\cdot)$, que por sua vez possui suporte pleno ($f(x) > 0, \forall x \in \Omega$).

9.2 PRINCIPAIS FORMATOS E RESULTADOS

Os principais formatos de leilões, descritos em maiores detalhes no Capítulo 2 da Parte I, são os aqui denominados:

- i. Leilão Selado de Primeiro Preço
- ii. Leilão Selado de Segundo Preço
- iii. Leilão Inglês (ou Leilão Aberto Ascendente)
- iv. Leilão Holandês (ou Leilão Aberto Descendente)

Esses formatos apresentam resultados bastante importantes, dos quais listamos na sequência os principais como referência para os desenvolvimentos a serem realizados nos itens subsequentes (como mencionado anteriormente, sem nos preocupar aqui com a demonstração destes resultados).

Os dois primeiros, que podem ser vistos como os resultados fundamentais da teoria dos leilões, dizem respeito à equivalência de receitas e eficiência.

Princípio da Equivalência de Receitas

Em um cenário em que as configurações do modelo básico sejam válidas, os quatro principais formatos de leilão fornecem a mesma receita esperada para o leiloeiro.

Eficiência

Ainda sob as hipóteses do modelo básico, os quatro principais formatos de leilão fornecem resultados eficientes (no sentido de que atribuem o bem ao participante que lhe confere maior valor).

No entanto, a introdução de fricções no modelo, afastando-o das premissas iniciais, faz com que os resultados fundamentais acima apresentados possam deixar de ser válidos. Algumas destas situações são descritas na sequência.

9.2.1 Aversão ao Risco

Abandonando a hipótese de que os participantes são neutros ao risco, mas mantendo ainda as demais suposições (valores privados, independentes e simétricos, assim como ausência de restrição orçamentária), o princípio da equivalência de receitas deixa de ser válido.

Por exemplo, no caso que em os participantes possuem a mesma função de utilidade (com $u(0) = 0, u' > 0$ e $u'' < 0$), a aversão ao risco faz com que a receita esperada no Leilão Selado de Primeiro Preço seja maior do que a receita esperada no Leilão Selado de Segundo Preço.

9.2.2 Restrição Orçamentária

De forma similar, ao abandonar a hipótese de que os participantes não possuem restrição orçamentária, mas mantendo ainda as demais suposições (valores privados, independentes e simétricos, assim como neutralidade ao risco), o princípio da equivalência de receitas deixa de ser válido e os leilões de primeiro preço proporcionam uma receita esperada maior do que os leilões de segundo preço.

9.2.3 Assimetria

No caso de existirem assimetrias *ex-ante* em relação aos participantes, ou seja, seus valores serem retirados de distribuições de probabilidade diferentes, mas mantendo válidas as demais hipóteses do modelo, não há alteração em relação aos comportamentos previstos para os formatos de segundo preço (e seus equivalentes

estratégicos) e os resultados obtidos para estes tipos de leilões continuam sendo eficientes.

Contudo, as análises para os formatos de primeiro preço (e equivalentes estratégicos) podem se tornar bastante complexas, principalmente pelo fato de que, apesar da existência de um equilíbrio, este deixa de possuir uma expressão geral bem definida (em contraste com o que ocorria na situação em que os participantes eram simétricos). Como essas expressões passam a ser obtidas apenas para alguns casos específicos, as análises muitas vezes precisam ser realizadas de maneira indireta. Ademais, sob tal condição, os resultados desses formatos deixam de ser eficientes.

Sob a presença de assimetria o princípio da equivalência de receitas também deixa de ser válido e nenhum ordenamento geral pode ser obtido para a comparação das receitas esperadas entre os diferentes formatos de leilão.

9.2.4 Múltiplas Unidades

Alterando a premissa de que o leiloeiro deseja vender um único bem indivisível para a venda de K bens indivisíveis, mesmo mantendo todas as demais hipóteses do modelo básico, os resultados se modificam bastante.

Nessa situação, nenhum dos formatos tradicionais é eficiente¹³⁰ e nenhuma comparação entre as receitas esperadas é possível. No entanto, como será visto mais adiante, e conforme apresentado para licitações nas Subseções 4.3.3 e 4.3.4, o cenário se modifica em situações em que a demanda dos participantes é unitária (ou seja, os resultados adversos dos leilões de múltiplas unidades não advêm da multiplicidade de itens a venda, mas sim da multiplicidade de itens demandados por cada participante).

¹³⁰ Na situação de múltiplas unidades, os formatos mais conhecidos que garantem resultados eficientes são o Leilão de Vickrey e o Leilão de Ausubel, sendo o segundo o equivalente aberto do primeiro. Para maiores detalhes, ver Subseções 4.1.3 e 4.2.3, bem como, de forma mais geral, Krishna (2010).

10. OS FUNDAMENTOS DA OPÇÃO POR UM MECANISMO COMPETITIVO

Dado o caráter inovador do trabalho e a predominância no setor elétrico de métodos baseados em variações do critério “*First Come First Served*” para determinar o acesso ao sistema de transmissão (e alocar suas respectivas margens de escoamento remanescentes), busca-se aqui, antes de tratar aspectos relacionados ao desenho da proposta a ser apresentada, expor a fundamentação para a adoção de um mecanismo competitivo na situação em análise.

Assim como apresentado em McMillan (1995) para a alocação de espectros de frequência, a concessão de acesso ao SIN também poderia ser realizada, a princípio, a partir de quatro métodos distintos:

- Processos Administrativos (ou *Beauty Contests*);
- Loterias;
- Filas; e
- Mecanismos Competitivos.

Ressalta-se que, para os Mecanismos Competitivos, faremos aqui referência explicitamente ao uso de Leilões, que as variações do “*First Come First Served*” usuais no setor elétrico se encaixam, essencialmente, nos métodos de Fila e que, para as análises subsequentes, considera-se, em última instância, o governo como a entidade responsável pela concessão dos acessos (ainda que a partir das atividades de seus diversos órgãos e entidades).

10.1 PROCESSOS ADMINISTRATIVOS (OU *BEAUTY CONTESTS*)

Processos administrativos correspondem aos métodos no qual um órgão governamental determina as diretrizes e critérios a serem seguidos no procedimento de seleção e então analisa as propostas do candidatos a partir das especificações previamente realizadas. Conforme Andersson et al. (2005) *apud* Maurer e Barroso (2011): “*Typically, a set of guidelines and some measurable criteria are presented, leaving some room for subjective evaluation. Participants present their best case on why they should be awarded the products, covering a variety of aspects (e.g. including business plans)*”.

Ainda que permitam uma grande flexibilidade ao governo, que pode adotar os critérios que desejar para a escolha a ser realizada, definindo-os de acordo com seus objetivos políticos e com as políticas públicas almejadas, os processos administrativos

trazem consigo, em sua inerente falta de transparência, um ponto negativo de grande relevância.

Essa falta de transparência do método abre espaço não apenas para a possibilidade de comportamentos indesejáveis (como favorecimentos, troca de favores, corrupção em geral e outros), como também para resultados que se afastam da eficiência alocativa (uma vez que os participantes escolhidos não necessariamente são os mais eficientes do ponto de vista econômico). E, dado que as ineficiências ao final implicam em maiores custos, estes custos no mínimo deveriam ser comparados com as políticas públicas eventualmente almejadas.

Cabe ainda notar que, apesar de alguns critérios desejados serem passíveis de especificação clara e precisa, esse objetivo muitas vezes não é simples ou mesmo factível. Desta maneira, além do tempo demandado nessa especificação, ao final podem ser obtidos critérios que não sejam suficientemente claros, aumentando o risco jurídico do processo e podendo gerar também consequências negativas para a sua eficiência (se os participantes envolvidos não souberem exatamente os atributos que o governo deseja, eles não poderão oferecê-los corretamente).

Adicionalmente, a própria escolha dos critérios a serem adotados pode trazer subjetividade ao procedimento, além de proporcionar mais um nível de discricionariedade e redução de transparência. Corre-se o risco, por exemplo, de ocorrer algum tipo de *captura*¹³¹ na definição desses critérios e, conseqüentemente, obter-se um processo em que, ao final, os vencedores na verdade são determinados pelos setores, associações ou empresas que melhor exerceram pressão em benefício de seus interesses.

Processos administrativo também envolvem prazos mais longos e, usualmente, maiores volumes de documentação, com ambos os aspectos podendo ser potencializados em função do arcabouço institucional do país. Isso os torna, nesse sentido, prejudicial a todos os envolvidos (participantes, governo e sociedade), inclusive no que diz respeito aos maiores custos envolvidos. Especificamente para o sistema elétrico, prazos mais longos nos procedimentos de concessão de acesso podem ainda se traduzir em maiores dificuldades para o planejamento da expansão do sistema.

¹³¹ O termo “*captura*” faz referência às situações em que se verifica distorções do interesse público em favor de interesses privados, sendo tais distorções resultantes de pressões realizadas por grupos de interesse.

10.2 LOTERIAS

Diante dos problemas apresentados pela adoção de processos administrativos, o emprego de loterias foi uma das soluções utilizadas por alguns países para concessões similares ao caso em análise (principalmente para a concessão de espectros de frequência nos Estados Unidos).

No entanto, apesar de tratar-se de um método simples e rápido, atacando assim algumas das deficiências apontadas para os processos administrativos, este tipo de solução traz problemas significativos de eficiência.

Primeiro porque a determinação de um vencedor de forma aleatória dificilmente irá atribuir o bem em questão ao participante que mais o valoriza (ou, colocando de outra forma, ao participante que tem condições de fazer o melhor uso do bem). A depender do número de inscritos, essa probabilidade se torna cada vez menor, sendo que uma alocação eficiente será obtida apenas por acidente ou em um evento de muita sorte.

O que nos leva ao segundo problema, pois trata-se de um método que tende a atrair um grande número de participantes¹³², dentre os quais muitos não terão a capacidade técnica e/ou financeira necessária para fazer uso do bem que está sendo concedido (inclusive, muitos podem optar por participar com o único intuito de, caso sejam vencedores, negociar o bem com os agentes mais aptos).

Nota-se que este último aspecto poderia ser mitigado, ou mesmo resolvido, com a existência de um mercado secundário, no entanto, não sem alguns efeitos importantes: a criação de uma ineficiência desnecessária no caso de existirem custos de transação, um prazo maior para obtenção da alocação ótima e o deslocamento da renda que eventualmente seria arrecadada pelo governo (e poderia ser revertida no bem-estar da sociedade) para um agente privado.¹³³

10.3 FILAS (ORDEM CRONOLÓGICA)

Uma terceira opção seriam as metodologias baseadas em filas, que definem os vencedores a partir da ordem cronológica de solicitação do bem (ou inscrição no processo). Trata-se do método atualmente previsto na regulação setorial do Brasil para lidar com a questão do acesso ao sistema de transmissão, bem como da opção

¹³² McAfee et al. (2010) relata o caso de uma loteria para licenças de celular realizada nos Estados Unidos que chegou a atrair aproximadamente 400.000 inscrições.

¹³³ Ver Subseção 11.5.4 para uma discussão mais completa sobre a adoção de Mercados Secundários.

de preferência do setor elétrico em geral, através do chamado “*First Come First Served*” e suas diferentes variações.

Ainda que enderece alguns dos problemas dos processos administrativo (como, em certas situações, a questão dos prazos mais longos), essa opção incorre em problemas similares aos listados para as loteria, uma vez que também carrega um caráter aleatório no critério de escolha, trazendo, deste modo, uma maior ineficiência para as alocações a seres obtidas.

Especificamente para a alocação da margem remanescente do sistema de transmissão, a utilização de um critério de ordem cronológica possui diversos argumentos contrários à sua adoção. Alguns se destacam de imediato:

i. Ineficiência Alocativa

Empreendimentos de maior viabilidade técnico-econômica, ou seja, aqueles que atribuem maior valor à margem remanescente em determinada localidade, não necessariamente serão os empreendimentos com melhores posições na fila e que, consequentemente, conseguirão se conectar ao sistema.

ii. Baixa Transparência

O menor nível de transparência deve-se, principalmente, à maior abertura para eventuais desvios ao longo das diversas etapas previstas no rito regulatório.

iii. Morosidade

Dado que no procedimento de fila todos os pedidos de acesso precisam ser analisados (não se sabe previamente, para cada solicitação, o ponto de interesse e a respectiva disponibilidade de margem), em um cenário de rápida expansão da oferta de geração (e elevado número de pedidos) tem-se como consequência imediata uma maior morosidade no rito de acesso. Esses prazos mais longo, também chamados “*queue backlogs*”, consistem, inclusive, no principal motivo para a busca de novas soluções para o tema em diversos países.¹³⁴

Trata-se, dessa forma, de um conceito desenhado para uma realidade que não mais prevalece no setor elétrico brasileiro. Frente ao novo cenário de expansão da geração, com o sistema de transmissão se caracterizando como um recurso escasso,

¹³⁴ Ver Caspary et al. (2021), Clifford Chance (2021), Gramlich, R. et al. (2021) e Thema Consulting Group (2020).

o critério de fila deixa de ser adequado, sendo necessária a busca por métodos que melhor acomodem essa nova realidade.

Uma última consideração sobre o critério de fila diz respeito a utilização de filas com atributos, como também chegou a ser aventado no setor em alguns momentos.¹³⁵ Nesse caso, além dos problemas acima indicados (que não apenas permanecem, como são ainda potencializados), a definição e caracterização dos atributos a serem adotados, assim como o estabelecimento de suas respectivas métricas ou pesos, pode trazer grande subjetividade ao processo e inclusive definir a seleção a partir de critérios sobre os quais não se tem muita clareza sobre os reais efeitos.¹³⁶ Todavia, ressalta-se que essa opção por atributos também poderia ser adotada através de um leilão multicritérios, ainda que não seja esta a recomendação do presente trabalho.¹³⁷

10.4 MECANISMOS COMPETITIVOS (LEILÕES)

Frente aos problemas apresentados pelos demais métodos, a opção por Mecanismos Competitivos, mais especificamente pela adoção de Leilões, se mostra bastante justificada. Trata-se de uma alternativa que permite a obtenção de alocações eficientes, através de um procedimento ágil, transparente e menos oneroso¹³⁸, que revela (e utiliza) informações importantes (que de outra forma não estariam disponíveis para o governo) e que ainda possibilita, caso seja a opção, arrecadar receitas que podem ser revertidas em benefício de toda a sociedade.

Colocando de outra forma, leilões bem desenhados respondem, de maneira simples, eficaz e endógena, à questão de quem deve ficar com os bens (ou serviços) e a que preços, designando-os aos participantes com melhor capacidade para usá-los e para gerar valor a partir de tal uso. Trata-se de algo que nenhum dos métodos citados anteriormente faz.

¹³⁵ Ver, por exemplo, a discussão realizada no webinar “Diretrizes para o Leilão de Margem de Escoamento para Acesso ao Sistema Interligado Nacional” realizado pelo Ministério de Minas e Energia. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=Ziiu-EVxD_w.

¹³⁶ As discussões sobre essa solução usualmente mencionam atributos como impacto social, impacto em P&D, geração de empregos e impacto ambiental. Kanumarath (2002) cita ainda alguns outros critérios, que chegam a abarcar ainda mais subjetividade, como os adotados na Holanda a partir de 2017, que incluem, dentre outros, Qualidade da Análise de Risco e Qualidade das Medidas para Garantir Eficiências de Custo.

¹³⁷ Kanumarath (2002) apresenta, por exemplo, um leilão de energia realizado em 2005 na China, em que adotou-se peso significativo para critérios de conteúdo local (com o valor do lance tendo seu peso reduzido a apenas 40% na determinação dos vencedores).

¹³⁸ McMillan (1995) apresenta estimativas da FCC (US Federal Communications Commission) para a concessão de licenças do espectro de frequência, apontando custos em processos administrativos que chegavam a ser seis vezes superiores aos custos com leilões.

Especificamente para o problema do acesso ao sistema de transmissão, a questão da alocação eficiente pode ser facilmente visualizada. Na ausência de restrições orçamentárias, os agentes de geração que mais valorizam sua possível conexão à rede (neste caso, os agentes mais eficientes e que podem extrair maior valor de determinado acesso), serão exatamente aqueles com possibilidade e propensão a dar o maior lance em um eventual leilão pela margem de escoamento remanescente. Promove-se assim o uso eficiente da rede, uma vez que a conexão será concedida aos geradores que, do ponto de vista social, deveriam obtê-la.

Em relação ao tempo a ser gasto com esta opção, considerando que o desenho adequado para o mecanismo é algo de fundamental importância (ponto que será reforçado algumas vezes ao longo deste trabalho), obviamente algum prazo também será necessário na correta especificação do leilão. Todavia, uma vez que a especificação esteja pronta, poderá ser utilizada diversas vezes em processos similares e recorrentes. Além disso, essa possibilidade de diversas utilizações do procedimento tende também a contribuir para a diminuição dos custos do governo com o processo de concessão de acesso.

No que concerne à transparência, a utilização de leilões, quando realizada corretamente, força o governo a ser, antecipadamente, claro e explícito em relação as regras e critérios do certame que, por sua vez, serão de conhecimento de todos. Sendo assim, ao final do processo todos conhecem as razões que determinaram os vencedores e perdedores, mitigando assim suspeitas de comportamentos indesejáveis e eventuais judicializações.

Não obstante, apesar de todos os benefícios apontados, o emprego de leilões muitas vezes é motivo de questionamentos e críticas (usualmente infundados ou motivados por algumas falhas de entendimento). McMillan (1995) e Binmore e Klemperer (2002) fazem uma listagem abrangente destas críticas, às quais endereçamos algumas das principais frente ao tema abordado¹³⁹.

i. Leilões podem levar a preços mais elevados para os produtos finais.

O raciocínio seria que, ao gastar determinado valor no leilão, as firmas repassariam o custo, via preços, aos consumidores finais. Trata-se, inclusive, do argumento apresentado com maior recorrência diante da possibilidade de adoção de

¹³⁹ Todas as críticas e questionamentos indicados baseiam-se também na experiência do autor durante a passagem pelo MME. Referem-se, portanto, a itens que em algum momento foram trazidos, em uma de suas variações, por entidades ou agentes envolvidos nas discussões sobre o tema.

leilões na alocação das margens remanescentes do SIN (principalmente nas tratativas sobre o formato do lance a ser considerado, conforme será exposto em maiores detalhes na Seção 11.2)

O problema nesse argumento está relacionado com a diferença entre custo fixo e custo marginal. O valor gasto no leilão é um custo fixo, pago antes de qualquer provisão de bens, não fazendo parte, portanto, do custo marginal a ser considerado na solução do problema de uma firma maximizadora de lucros e, conseqüentemente, não afetando os preços finais.

Ou seja, como em qualquer outra situação similar, a firma envolvida irá cobrar os preços que maximizam seu lucro, independentemente do valor gasto no leilão.¹⁴⁰ Nesse sentido, o que poderá afetar o preço final aos consumidores será o ambiente competitivo e o marco regulatório.

Mais ainda, na situação em análise, a opção sistemática por leilões, considerando seus resultados eficientes, tende a reduzir os preços finais.

ii. Leilões diminuem os recursos a serem destinados a investimentos.

A crítica aqui repousa no entendimento de que, ao gastar mais para adquirir, por exemplo, uma licença ou um acesso, os vencedores teriam, posteriormente, menos dinheiro para desenvolver o negócio adequadamente.

Tal aspecto pode ter alguma relevância apenas se considerarmos eventuais impactos do leilão na dificuldade de financiamento (algo que, teoricamente, pode ocorrer¹⁴¹). Caso contrário, não haveria razão para uma firma não realizar um investimento que seria lucrativo e, em tese, a própria participação no leilão (e eventual desembolso) estaria contemplada na análise prévia dos investimentos a serem realizados e no plano de negócios.

Em um cenário de alteração de regras, como o contemplado neste trabalho, esse aspecto pode ter maior relevância, em virtude de empreendimentos que tenham feito uma análise de viabilidade antes da perspectiva de existência do leilão. Nesta situação pode ser prudente prever um período de transição adequado.

¹⁴⁰ Binmore e Klemperer (2002) apresentam um exemplo bastante didático ao estender o argumento para o mercado imobiliário e a uma eventual expectativa de que os vendedores que não tivessem gastado na aquisição do terreno cobrassem preços mais baixos do que suas contrapartes que o tivessem feito. Fazendo um paralelo com a situação em análise, esse raciocínio continuaria não tendo sentido ao considerarmos a possibilidade de oferecer o acesso ao SIN sem eventual cobrança.

¹⁴¹ Ver Wruck (1994) *apud* Binmore e Klemperer (2002), que relata a possibilidade do impacto na situação financeira da firma após a participação no leilão aumentar o seu custo de capital.

- iii. Leilões não favorecem a adoção de políticas públicas e eliminam a possibilidade de qualquer discricionariedade no processo de seleção.

Para o caso em análise, a questão da discricionariedade e da adoção de políticas públicas estaria relacionada principalmente ao direcionamento da expansão da matriz energética de acordo com uma configuração previamente estabelecida. Atualmente este direcionamento busca garantir, dentre outros, o atendimento a requisitos sistêmicos, ganhos de efeito portfólio (decorrentes da diversificação de fontes), viabilidade para fontes específicas (e.g. geração via Resíduos Sólidos Urbanos) e uma matriz composta majoritariamente por fontes limpas e renováveis.

Ainda que não seja a recomendação deste trabalho para a solução do problema de acesso ao SIN (por motivos que extrapolam o escopo desta discussão), cabe notar que leilões não precisam necessariamente selecionar os vencedores de acordo com os maiores pagamentos, sendo, neste sentido, uma ferramenta bastante flexível. Qualquer critério pode ser utilizado para determinar os vencedores, bastando para isso que o critério possa ser estabelecido e mensurado de forma clara e explícita, e que seja divulgado antecipadamente.¹⁴²

O que os leilões de fato eliminam são as possibilidades de decisões arbitrárias por parte do governo ao longo do processo. Contudo, seria difícil entender tal aspecto como uma crítica, pois trata-se de um tipo de discricionariedade cuja eliminação tende a ser benéfica para todos os agentes envolvidos (incluindo consumidores finais e a sociedade como um todo).

¹⁴² McMillan (1995) apresenta, por exemplo, o caso de leilões nos Estados Unidos que possuem regras específicas para garantir a alocação de parte das licenças do espectro de frequência para firmas que pertençam a mulheres ou minorias.

11. MECANISMO COMPETITIVO PARA ACESSO AO SIN

Leilões tratam, essencialmente, da alocação e precificação de bens escassos em cenários de ausência de informações. Na falta de um mercado plenamente estabelecido, ajudam a revelar o valor atribuído a determinado bem pelos agentes interessados. Todavia, conforme reiteradamente enfatizado e recomendado na literatura sobre o tema (ainda que muitas vezes não recebendo a devida atenção), um desenho adequado para o leilão é fundamental. Falhas de especificação podem levar a alocações ineficientes, perda de receitas e possibilidades de manipulação do mecanismo, fragilizando assim alguns dos principais benefícios desta solução.

Klemperer (2002a) e Binmore e Klemperer (2002) ressaltam que leilões não correspondem a uma solução “*one size fits all*”, sendo esse tipo abordagem um dos piores erros que podem ser cometidos na adoção de tais mecanismos.¹⁴³ De forma similar, McAfee et al. (2010) destacam a necessidade de se utilizar a teoria existente para identificar os fatores mais importantes na especificação de um sistema que acomode, da maneira mais simples possível, as principais necessidades do mercado envolvido.

Binmore e Klemperer (2002) e Klemperer (2002b) apontam ainda a importância da estrutura de mercado para os bons resultados de um leilão, indicando ser fundamental garantir um elevado número de participantes e evitar possibilidades de conluio.

Por fim, McAfee e McMillan (1996) e Binmore e Klemperer (2002) alertam para a importância dos detalhes, recomendando que se gaste tempo e esforço também na análises destes itens, evitando ao máximo a presença de falhas não identificadas previamente, bem como brechas que possam ser utilizadas pelos participantes em seu benefício.

Desta maneira, a proposta apresentada neste trabalho se fundamentou, de forma criteriosa, no ambiente econômico e regulatório em que o mecanismo a ser desenvolvido será utilizado, bem como nos principais objetivos almejados com sua adoção. Realizou-se também uma vasta análise da literatura relacionada, visando a identificação de aspectos importantes não apenas do ponto de vista teórico, mas

¹⁴³ Klemperer (2002b) apresenta um breve relato sobre alguns dos leilões de espectro de frequência 3G na Europa, bem como as respectivas consequências oriundas de falhas nos desenhos dos mecanismos utilizados (principalmente pela replicação, em outras localidades, de formato similar ao que havia obtido sucesso no Reino Unido, ainda que as condições fossem sabidamente distintas e sugerissem a necessidade de alterações).

também relacionados à experiência adquirida a partir de leilões passados e contextos similares.¹⁴⁴

Buscou-se assim desenhar uma solução com características que melhor se adequassem ao quadro atual de demanda por margens remanescentes do SIN e que acomodassem de maneira adequada as estruturas e regras vigentes do Setor Elétrico Brasileiro. Tudo isso sem perder de vista que a proposta consiste em uma abordagem inovadora, correspondendo a uma solução nova para todos os agentes envolvidos nos processos de acesso ao sistema de transmissão.¹⁴⁵

11.1 PRINCIPAIS OBJETIVOS

O primeiro passo para a correta especificação do mecanismo a ser proposto, denominado a partir deste momento como Leilão de Margem de Escoamento¹⁴⁶, Leilão de Margem ou, simplesmente, LME, consiste na identificação dos principais objetivos almejados com sua adoção.

Neste sentido, desde o início o Ministério de Minas e Energia definiu a busca por eficiência alocativa como a principal meta para o procedimento. Desejava-se também uma solução que possibilitasse, dentro das limitações do contexto, maximizar o uso da rede (incluindo, se possível, mecanismos de desincentivo ao atraso), melhorar a atual dinâmica de acesso (desburocratizando o processo e resolvendo o problema atual da fila de pedidos acumulados) e estimular a concorrência.

Cabe notar que a arrecadação não fazia parte dos principais objetivos determinados pelo MME para o procedimento, tendo sido estabelecido apenas que, no caso de eventuais valores arrecadados, estes deveriam ser destinados para fins de modicidade tarifária dos serviços públicos de transmissão. Conforme será melhor exposto na Seção 11.2, este trabalho defende uma opção diferente em relação a essa

¹⁴⁴ Conforme mencionado previamente, o problema em estudo guarda diversas semelhanças com o início da utilização de leilões para espectro de frequência. Consequentemente, os artigos desta época em muito contribuíram para diversos pontos da análise realizada neste trabalho.

¹⁴⁵ Além do detalhamento apresentado neste trabalho, cujo foco está mais direcionado a aspectos relacionados à Teoria dos Leilões, diversos outros pontos, associados principalmente a questões técnicas, ao arcabouço regulatório do setor e a detalhes do planejamento e operação do SEB, também tiveram que ser estudados e devidamente abordados na solução final proposta. Aos leitores que se interessarem por essa perspectiva complementar, ver Guedes, L. et al. (*forthcoming*) e Portaria N° 702/GM/MME, de 01 de Novembro de 2022, que colocou em consulta pública a minuta das diretrizes para o procedimento.

¹⁴⁶ O nome oficialmente adotado pelo MME foi Procedimento Competitivo para a Contratação de Margem de Escoamento para Acesso ao Sistema Interligado Nacional - SIN, ou simplesmente Procedimento Competitivo por Margem (PCM). Por questões de simplicidade e clareza, sinalizando explicitamente a opção por leilões, optou-se aqui por utilizar o nome inicialmente proposto (e modificado, posteriormente, por questões meramente burocráticas).

ausência de caráter arrecadatário no procedimento, principalmente em função da possibilidade de reversões das receitas arrecadas em benefício de todos os usuários da rede (ainda que esteja claro tratar-se de uma situação que envolve aspectos para além de questões puramente econômicas).¹⁴⁷

No que diz respeito a melhoria da atual dinâmica de acesso, a maior parte das medidas envolvidas não fazem parte do escopo deste trabalho, estando contempladas nas diretrizes propostas para o procedimento.¹⁴⁸ No entanto, a simples adoção do Leilão de Margem de Escoamento já endereça uma parcela significativa desse objetivo, uma vez que, neste caso, apenas os vencedores precisam ter suas solicitações de acesso analisadas (ao passo que, no procedimento de fila atualmente utilizado, todos os pedidos devem ser analisados). Ou seja, trata-se de uma medida que, por si só, permite simplificar bastante o processo e resolver o problema atual da fila de pedidos acumulados.

11.2 CRITÉRIO DE SELEÇÃO¹⁴⁹

Definida a opção pelo uso de leilões e os principais objetivos a serem alcançados com o procedimento, o primeiro ponto a ser especificado corresponde ao critério de seleção que deverá ser adotado (ou, em outras palavras, o tipo de lance). Neste sentido, as principais possibilidades cogitadas face a estrutura vigente no setor foram:

- i. Prêmio (Pagamento à vista em R\$/kW)
- ii. Adiantamento ou Antecipação de Encargo (Pagamento à vista em R\$/kW com posterior abatimento no EUST do vencedor)
- iii. Garantia (Aporte de Garantia de Fiel Cumprimento, ou similar, em R\$/kW)
- iv. Ágio sobre a TUST (Percentual ou R\$/kW)
- v. Redução do Desconto na TUST

¹⁴⁷ Dada a ausência de objetivos arrecadatários, muitas vezes se argumentava no MME, em tom especulativo, que uma solução interessante seria deixar que os próprios geradores definissem entre si a destinação das margens remanescentes. Curiosamente, McMillan (1995) apresenta um exemplo ocorrido no Japão, durante a década de 1950, em que a solução para a concessão de licenças de transmissão de rádio se assemelha a essa proposta. Nesse período o governo japonês simplesmente instruíu os interessados a negociar entre si para decidir quem ficaria com as licenças disponíveis, não havendo assim a necessidade de qualquer procedimento específico, uma vez que, ao fim das negociações, para cada licença havia apenas um único interessado.

¹⁴⁸ Ver Guedes, L. et al. (*forthcoming*) e Portaria Nº 702/GM/MME, de 01 de Novembro de 2022.

¹⁴⁹ A análise apresentada nesta seção deve muito às discussões e reuniões internas realizadas no âmbito dos trabalhos no MME. Pelas significativas sugestões e contribuições realizadas para o tópico registra-se aqui o agradecimento à Marina Rossi, Thiago Prado, Isabela Vieira e Renata Rosada. Obviamente, eventuais erros ou omissões são de única e exclusiva responsabilidade do autor.

Inicialmente, nenhuma das opções acima altera a essência das análises e resultados obtidos para os modelos de referência de leilões (ao final, considerando o valor do dinheiro no tempo, todas podem ser vistas, de alguma forma, como lances para pagamentos de um valor à vista, com a escolha dos vencedores sendo realizada a partir dos maiores lances). Obviamente, as alternativas diferem quanto às possibilidades de arrecadação. Mas, sendo este um item que não se encontrava entre os objetivos centrais listados pelo MME, a princípio a “receita do leiloeiro” seria algo secundário na análise a ser realizada.

Adicionalmente, considerando os aspectos práticos envolvidos no trabalho, a avaliação realizada para as alternativas propostas diz respeito não apenas a questões econômicas ou pertinentes à teoria dos leilões, envolvendo também dimensões legais, políticas, regulatórias e jurídicas.

Desta maneira, diante dos objetivos propostos para o leilão e do contexto em que se daria sua implementação, identificou-se os seguintes fatores como os principais a serem considerados nessa análise: (i) Impacto no Preço da Energia, (ii) Potencialização de Sinal Locacional, (iii) Redução na Tarifa de Transmissão, (iv) Nível de *Enforcement*, (v) Criação de Barreira à Entrada, (vi) Complexidade Regulatória, (vii) Risco Político e (viii) Complexidade Jurídica.

Na sequência apresenta-se um resumo da avaliação qualitativa realizada para cada um dos itens identificados (para fins de simplificação, a avaliação considerou apenas três graduações distintas: Alto, Médio e Baixo).

i. Impacto no Preço da Energia

Uma primeira preocupação, e provavelmente a mais mencionada durante as discussões realizadas para construção da solução final, relaciona-se com a possibilidade da adoção do leilão para alocação da margem remanescente ter reflexos no preço da energia dos geradores que conseguissem viabilizar sua conexão.

Trata-se essencialmente de ponto similar ao exposto na Seção 10.4, cujo raciocínio se baseia na lógica de que, ao gastar determinado valor no leilão, os geradores envolvidos repassariam esses custos ao preço final da energia. Como já destacado anteriormente, o problema nesse argumento está relacionado à não diferenciação entre custo fixo e custo marginal, sendo que, ao final, os geradores que se sagrarem vencedores, independentemente dos valores gastos no leilão, irão cobrar os preços que maximizam seu lucro.

Considerando o elevado grau de competitividade do mercado de comercialização de energia elétrica e a baixa representatividade da oferta dos geradores que efetivamente se conectarão em relação ao mercado existente¹⁵⁰, tem-se uma configuração na qual a hipótese de mercado competitivo é razoável. Ou seja, trata-se de uma situação em que os geradores tomam os preços de energia como dados e a solução de seus respectivos problemas de maximização dos lucros, que nos fornecem $RMg(q^*) = CMg(q^*)$, será, ao final das contas, dada por $p = CMg(q^*)$ (em que RMg , CMg , q^* e p correspondem, respectivamente, à receita marginal, custo marginal, quantidade e preço).

Portanto, eventuais repasses por parte dos geradores não seriam viáveis, sendo o impacto no preço final da energia baixo para todas as alternativas de lances consideradas. Mais ainda, como discutido anteriormente, a opção sistemática por leilões, considerando seus resultados eficientes, pode trazer efeitos que proporcionem, no médio e longo prazo, reduções nos preços finais de energia.

Contudo, ainda que não exista impacto nos preços da energia, o impacto no retorno dos geradores é real, com algumas opções apresentado maior ou menor efeito nesta direção (lances baseados em prêmios pagos à vista possuem maior impacto e a opção por garantias possui impacto menor). Sendo assim, era esperado que os geradores e associações envolvidas utilizassem argumentos deste tipo para tentar influenciar a configuração final (e, como será verificado mais adiante, de fato foi o que se observou no desenvolvimento do desenho do Leilão de Margem de Escoamento).

No entanto, esse impacto no retorno dos geradores consiste, essencialmente, em uma transferência de parte dos rendimentos das firmas para o governo que, direcionando corretamente os valores arrecadados (por exemplo, para fins de modicidade tarifária), estará simplesmente recuperando parte do valor de recursos que pertencem à sociedade (e em benefício desta). Por este motivo argumentou-se anteriormente a favor da inclusão de fins arrecadatários entre os principais objetivos da solução (o que, obviamente, resultaria de imediato na adoção de lances envolvendo prêmios). Mais ainda, além da receita a ser arrecadada (e a possibilidade de utilização dos valores para redução das tarifas de energia), no caso brasileiro, a opção por prêmios também ajudaria a reduzir as distorções causadas pelos subsídios

¹⁵⁰ Como exemplo, ver ONS (2022), que indica que a margem ofertada no LEN A-5/2022, referente ao ano de 2027, foi de aproximadamente 20,5GW.

do setor (retirando valores dos agentes que são subsidiados e revertendo em benefício daqueles que pagam o subsídio, no caso, os consumidores finais).

ii. Potencialização de Sinal Locacional

Este item diz respeito ao sinal de preço, fornecido atualmente pela TUST, em função do local de conexão. A ideia, cujas diretrizes inclusive constam em lei¹⁵¹, é que empreendimentos que onerem mais o sistema de transmissão devem pagar mais por sua utilização.

Ainda que a competição por determinado ponto não tenha relação direta com um maior ônus ao sistema, o que tem se observado no Brasil é uma forte concentração da expansão de fontes renováveis na região Nordeste e norte de Minas Gerais. Como tais localidades não possuem demanda suficiente para absorver toda essa nova oferta, tornam-se grandes exportadoras de energia para as demais regiões (principalmente Sudeste e Sul), o que por sua vez demanda uma maior expansão no sistema de transmissão.

Neste sentido, um sinal locacional mais forte traria maior eficiência a essa dinâmica, sendo que o procedimento em análise, dada a maior competição por acesso exatamente na região Nordeste e norte de Minas Gerais, poderia servir como um reforço deste sinal.¹⁵²

Sob tal aspecto, as opções de ágio sobre a TUST e redução do desconto teriam maior impacto na potencialização do sinal locacional, ao passo que o prêmio teria impacto médio e as demais opções teriam impacto baixo.

iii. Redução na Tarifa de Transmissão

Dada a premissa de que qualquer recurso eventualmente arrecadado com o procedimento seria revertido para fins de modicidade tarifária do serviço de transmissão, as opções que envolvessem maiores reversões de receita para a TUST teriam, conseqüentemente, maior efeito neste item. Sendo assim, Prêmio, Ágio sobre a TUST e Redução do Desconto seriam alternativas de alto impacto na redução da tarifa de transmissão, ao passo que o efeito do Adiantamento seria médio e a adoção de Garantia teria impacto baixo (ou nulo).

¹⁵¹ Art. 3º da Lei Nº 9.427, de 26 de Dezembro de 1996, em seu inciso XVII, alínea b.

¹⁵² O aumento do custo de conexão em regiões mais concorridas pode tornar viável a expansão em localidades mais próximas das cargas, demandando menores investimentos em transmissão.

iv. Nível de *Enforcement*

Sob o ponto de vista de *enforcement*, opções que envolvem pagamentos *up front* (Prêmio e Adiantamento) apresentam risco mais baixo, enquanto opções que envolvem pagamentos apenas no período em que o empreendimento entrar em operação (Ágio sobre a TUST e Redução do Desconto) oferecem risco mais alto.

Binmore e Klemperer (2002) ressaltam que pagamentos atrelados à entrada em operação dos empreendimentos tendem a aumentar a possibilidade de *default* ou renegociação, principalmente caso as previsões realizadas à época do leilão não se concretizem como esperado.¹⁵³ Nesse cenário, seria como se os participantes na verdade estivessem comprando “opções”, o que ainda pode ser reforçado a depender do arcabouço legal e institucional do país (em vista disso, os autores deixam claro sua preferência por alternativas que envolvam pagamentos *up front*).¹⁵⁴

Especificamente para a expansão do sistema elétrico brasileiro, os riscos aqui mencionados podem levar ao não desenvolvimento de parques geradores em determinadas regiões, mesmo quando fosse economicamente viável fazê-lo. Além do que, pode levar também a investimentos na transmissão maiores do que seriam necessários (devido a margens ocupadas por projetos não concretizados e à respectiva dificuldade em reaver os CUTS previamente assinados¹⁵⁵).

Por fim, a utilização de Garantias, dado o arcabouço institucional brasileiro e o histórico de baixa execução deste tipo de instrumento, ofereceria um risco elevado nesta dimensão (sendo, por esse motivo, descartada de início).

v. Criação de Barreira à Entrada

Tem-se situação praticamente oposta ao que ocorre em relação ao *enforcement*, visto que alternativas que envolvam maior pagamento *up-front* podem

¹⁵³ O artigo apresenta como exemplo leilões realizados pela FCC nos Estados Unidos que não envolviam pagamentos *up-front* em que, ao final, vários participantes não honraram suas obrigações e nunca realizaram os pagamentos previstos. Apresenta também situação similar ocorrida em leilões do setor de Óleo e Gás nos Estados Unidos.

¹⁵⁴ Ver Bugarin e Ribeiro (2021) para uma análise detalhada, sob a ótica da teoria dos jogos, de fenômeno similar ocorrido no caso das concessões de aeroportos realizadas no Brasil.

¹⁵⁵ Ainda que não faça parte do escopo deste trabalho, o tema referente a ocupação de margens por projetos não concretizados (ou mesmo atrasados) tem sido alvo de grande análise e discussão por parte das entidades governamentais envolvidas no assunto. Durante o desenvolvimento da solução final para o Leilão de Margem de Escoamento algumas opções foram consideradas, visando à liberação de margens para o sistema. Algumas dessas opções envolviam, por exemplo, a realização de uma temporada de devoluções de CUST (a ser realizada antes dos leilões) ou mesmo a venda destas margens dentro dos próprios leilões (com os valores arrecadados revertidos para o abatimento das penalidades dos usuários que não honraram o CUST previamente assinado).

trazer maiores riscos de barreira à entrada, enquanto alternativas cujo pagamento seja realizado apenas quando o empreendimento estiver em operação reduzem esse risco.

Isto posto, o Prêmio possui um maior risco nesta dimensão, enquanto o Ágio sobre a TUST e a Redução do Desconto possuem riscos baixos. As alternativas de adiantamento e garantia possuem riscos medianos, o primeiro por também envolver um pagamento à vista, ainda que posteriormente revertido em favor do empreendimento (o que poderia, por exemplo, beneficiar agentes com maior capacidade de caixa ou maior acesso à financiamento) e, o segundo, por estar ligado à capacidade de acesso a valores maiores de garantia (o que, novamente, pode beneficiar agentes com maior acesso à financiamento ou, principalmente, agentes já estabelecidos).

vi. Complexidade Regulatória

A complexidade regulatória diz respeito aos impactos dos distintos formatos de lances nas regras vigentes da ANEEL para determinação dos ciclos tarifários de transmissão.

Alternativas que não arrecadem qualquer valor a ser considerado nestas tarifas (Garantia) ou cujo montante seja arrecadado em único período, podendo assim ser considerado em um único ciclo tarifário (Prêmio), envolvem uma menor complexidade regulatória (podem ser realizados sem alterações no arcabouço regulatório em vigor). No sentido contrário, as opções cujos impactos sejam percebidos em mais de um ciclo tarifário (Adiantamento, Ágio sobre a TUST e Redução do Desconto) possuem maior complexidade regulatória, demandando alterações de normas vigentes.

vii. Risco Político

O poder de influência que os geradores e suas respectivas associações têm sobre pautas de seu interesse no Legislativo (a reação às tentativas recentes de alterações em regras para o subsídio da Geração Distribuída¹⁵⁶ e à alteração do Sinal Locacional¹⁵⁷, dentre outros, servem como exemplo para este ponto), implicou levar em consideração que alternativas com maior impacto nos retornos dos empreendimentos tendem também a apresentar maior risco político.¹⁵⁸

¹⁵⁶ Ver SILVA, L. S. (2021).

¹⁵⁷ Ver <https://www.canalenergia.com.br/noticias/53229392/camara-aprova-projeto-que-suspende-resolucoes-da-aneel-sobre-transmissao> e <https://www.poder360.com.br/congresso/camara-susta-norma-da-aneel-para-beneficiar-renovaveis/>.

¹⁵⁸ Em tese, conforme argumentos apresentados anteriormente, a lógica deveria ser inversa, com o cenário político favorecendo opções que levassem a maiores arrecadações, transferindo assim parte

Sendo assim, as opções por Prêmio, Ágio sobre à TUST e Redução do Desconto teriam risco alto, ao passo que o Adiantamento teria risco médio e a opção de Garantia teria risco baixo.

viii. Complexidade Jurídica

Do ponto de vista jurídico, opções que demandam alterações legais (Ágio sobre à TUST e Redução do Desconto) apresentam maior complexidade, enquanto opções que, a princípio, podem ser viabilizadas a partir de atos infralegais (Prêmio, Adiantamento e Garantia) envolvem menor complexidade em sua implementação.

No que diz respeito à opção pela Redução do Desconto, cabe ainda ressaltar que ela restringiria o universo de empreendimentos elegíveis ao leilão (no caso, àqueles que já são beneficiados pela possibilidade de desconto na TUST). Isso não apenas impactaria a abrangência da solução proposta, como também infringiria o marco legal de livre acesso aos sistemas de transmissão estabelecido pela Lei nº 9.074 de 1995. Diante disso, essa alternativa, assim como a possibilidade de lances via garantias, foi descartada ainda nas etapas iniciais da análise.

A Tabela 1 apresenta o resumo das análises acima detalhadas, utilizando-se de uma legenda de cores para graduar os resultados obtidos em relação ao que seria mais desejável em cada uma das dimensões (Verde, Amarelo e Vermelho, respectivamente, indo do mais desejável para o menos desejável).

do retorno dos empreendimentos em benefício de menores tarifas para a sociedade. Contudo, neste caso tem-se um exemplo clássico de situações de captura, na qual grupos de interesse conseguem distorcer objetivos públicos em favor de seus objetivos privados.

Tabela 1 – Resumo da Análise para as Alternativas de Lances

Impactos Potenciais	Prêmio	Adiantamento	Garantia	Ágio sobre à TUST	Redução do Desconto
Aum. Preço da Energia	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo
Sinal Locacional	Médio	Baixo	Baixo	Alto	Alto
Red. Tarifa de Transmissão	Alto	Médio	Baixo	Alto	Alto
Nível de Enforcement	Alto	Alto	Baixo	Baixo	Baixo
Barreira à Entrada	Alto	Médio	Médio	Baixo	Baixo
Complexidade Regulatória	Baixo	Alto	Baixo	Alto	Alto
Risco Político	Alto	Médio	Baixo	Alto	Alto
Complexidade Jurídica	Baixo	Baixo	Baixo	Alto	Alto

Fonte: Elaborada pelo autor.

Diante do exposto, com as alternativas relacionadas à Redução do Desconto e Garantias já previamente descartadas, inicialmente concluiu-se pela adoção de lances baseados em Prêmios¹⁵⁹, mantendo-se a Adiantamento (Antecipação de Encargo) como uma segunda opção que atenderia bem aos principais objetivos (os quais, mais uma vez destaca-se, não incluíam a arrecadação), e que certamente teria uma maior aceitação por parte dos geradores (e, conseqüentemente, maior viabilidade política).

Essa escolha se baseou no fato da primeira alternativa ter melhor desempenho que a segunda em relação aos principais fatores de análise determinados para o lance do leilão, exceção feita a questões referentes à barreira a entrada que, como será discutido posteriormente, não seria motivo de preocupação no atual contexto vislumbrado para o certame, e ao risco político que, em um primeiro momento, optou-se por desconsiderar. A opção de Ágio sobre à TUST foi preterida em relação a essas duas em função da necessidade de alterações de leis e de seu baixo nível de *enforcement* (principalmente em um contexto de alta demanda pelo acesso como o atual).

Não obstante, e como já esperado, durante a primeira consulta pública aberta pelo MME, a opção por lances envolvendo pagamentos à vista foi o ponto mais

¹⁵⁹ Ver minuta de diretrizes colocada em consulta pública pela Portaria Nº 702/GM/MME, de 01 de Novembro de 2022.

questionado nas contribuições recebidas.¹⁶⁰ Dentre os diversos pontos levantados, os principais alegavam os supostos impactos nos preços de energia, assim como uma possível ilegalidade na realização dessa cobrança frente ao marco de livre acesso, que estabelece para os geradores apenas a obrigação de ressarcimento dos custos de transporte (determinado, atualmente, pela Receita Anual Permitida (RAP) definida pela ANEEL para as transmissoras).

Diante de tais resistências, possibilidades de judicialização e até mesmo inviabilização do procedimento, e considerando que a arrecadação não estava entre os objetivos principais inicialmente definidos para o Leilão de Margem de Escoamento, o MME optou por modificar sua escolha inicial, alterando os lances para Antecipação de Encargo (Pagamento à vista com abatimento no EUST do vencedor), sendo essa a solução atualmente vigente.¹⁶¹

No entanto, conforme discutido em McMillan (1995), sendo a oferta limitada, e com a conexão ao SIN caracterizando-se como um bem escasso ante a expansão da demanda por parte dos geradores, inevitavelmente ocorrerá uma vinculação de valor ao acesso. Ainda que isso não ocorra em função de uma ação direta (como, por exemplo, a realização do Leilão de Margem de Escoamento), ocorrerá de qualquer maneira de forma indireta (basta notar que, no cenário atual, empreendimentos de geração com acesso concedido terão parte de seu valor associado exatamente à sua garantia de conexão ao SIN).¹⁶² Em resumo, o acesso ao sistema de transmissão terá um preço mesmo que seja concedido aos geradores sem qualquer cobrança. E, sendo o sistema de transmissão um recurso público, pago por todos os seus usuários, fica manifesto o entendimento de que não seria correto conceder o acesso de graça a alguns poucos geradores privilegiados que poderão se beneficiar dessa regalia.¹⁶³

¹⁶⁰ Ver “CONSULTA PÚBLICA Nº 141 DE 03/11/2022” disponível em:

<http://antigo.mme.gov.br/web/quest/servicos/consultas-publicas>.

¹⁶¹ Essa alteração já está refletida na documentação colocada em consulta pública pela Portaria Nº 716/GM/MME, de 21 de Dezembro de 2022.

¹⁶² McMillan (1995) menciona exemplo ocorrido nos Estados Unidos em que, diante de cenário similar, o acesso ao espectro chegou a ser estimado como quase metade do valor de venda de uma emissora de TV.

¹⁶³ McMillan (1995) destaca ainda que, mesmo que se argumente que a concessão sem cobrança relaxe as restrições de capital das firmas envolvidas, diante do exposto fica claro que estaríamos simplesmente estabelecendo uma espécie de subsídio.

11.3 FORMATO DO LEILÃO

11.3.1 Regra de Precificação

Os chamados formatos padrões adotados para leilões (ou *standard auctions*) se caracterizam por possuir uma mesma regra de alocação: os participantes que realizam os maiores lances vencem e ficam com as unidades do bem leilado. Contudo, esses formatos diferem, dentre outros, no que diz respeito à regra de precificação, que determina o valor a ser pago pelos vencedores.

As possibilidades para a regra de precificação são inúmeras¹⁶⁴, mas os formatos mais tradicionais se fundamentam basicamente em duas alternativas, os leilões de primeiro preço (em que o vencedor paga o valor do seu lance) e os leilões de segundo preço (em que o vencedor paga o valor do lance perdedor mais elevado). Para os casos de leilões de múltiplas unidades¹⁶⁵, há ainda a possibilidade de adoção da mesma regra subjacente ao mecanismo de Vickrey, Clarke e Groves (VCG), com o pagamento dos vencedores sendo determinado pelas externalidades que eles exercem nos demais participantes (trata-se da regra utilizada nos chamados Leilões de Vickrey e Leilões de Ausubel¹⁶⁶).

Para a situação em análise, a opção por um formato que exibisse características similares aos leilões de segundo preço traria, como principal benefício, a redução da complexidade informacional do lance. Isto se deve ao fato de que, neste caso, em um cenário de valores privados e sem restrições de orçamento¹⁶⁷, fazer um “lance sincero” (ou *bidding truthfully*), de acordo com o real valor atribuído para o bem, é uma estratégia fracamente dominante (ótima do ponto de vista da maximização do *payoff*), independentemente dos lances dos demais participantes. E, dada a regra de

¹⁶⁴ Alguns exemplo de formatos incomuns, que no entanto apresentam resultados interessantes, envolvem os chamados *all-pay auctions* e *third price auctions*. Contudo, as possibilidades neste sentido são diversas, podendo-se, por exemplo, adotar uma regra de precificação em que o valor pago pelo vencedor consiste na média de todos os lances.

¹⁶⁵ Para os leilões de múltiplas unidades, as regras de primeiro preço e segundo preço, a princípio, seriam equivalentes, respectivamente, aos Leilões de Preço Discriminatório e Leilões de Preço Uniforme. No entanto, como será discutido na Subseção 11.3.3 (e como detalhado no Capítulo 4 da Parte I), o Leilão de Preço Uniforme não corresponde a extensão do Leilão de Segundo Preço para o caso de múltiplas unidades, uma vez que não herda características importantes deste último (em tal situação a extensão para múltiplas unidades seria justamente o Leilão de Vickrey, ou o seu equivalente aberto, o Leilão de Ausubel).

¹⁶⁶ Ver maiores detalhes sobre esses formatos no Cap. 12 de Krishna (2010) ou mesmo nas Subseções 4.1.3 e 4.2.3 apresentados na Parte I (ainda que sob a perspectiva de Licitações).

¹⁶⁷ Em cenários de restrições orçamentárias a estratégia dominante continua bastante simples neste formato, consistindo em fazer um lance que corresponda ao menor valor dentre a restrição orçamentária e o valor atribuído ao bem.

alocação padrão (participantes que realizam o maiores lances vencem e ficam com as unidades do bem leiloadado), o comportamento de fazer um lance sincero implica, automaticamente, em um resultado eficiente¹⁶⁸.

No caso dos leilões de primeiro preço, apesar de constituir um formato de simples entendimento e com regras bastante intuitivas, sua estratégia ótima não é tão trivial, exigindo a realização de inferências a respeito dos lances dos demais competidores e, portanto, demandando uma maior sofisticação dos participantes. Essa exigência, quando trazida para a realidade, pode trazer complicações em determinados cenários, com eventuais dificuldades para se realizar as inferências necessárias podendo comprometer, inclusive, a eficiência dos resultados.

Um exemplo usual seriam os casos em que os competidores menores podem ter maior dificuldade em relação aos aspectos envolvidos no formato (a capacidade de inferência e de obtenção de informações pode envolver, não apenas questões de economia de escala, mas também de poderio financeiro), correndo o risco de se sagrarem vencedores em situações nas quais não seriam os competidores mais aptos. Esse tipo de situação tende a se agravar em leilões com elevados números de participantes (o que, conforme detalhado na Subseção 11.3.2.2, corresponde à situação esperada para o Leilão de Margem de Escoamento).

Ademais, no caso dos leilões de segundo preço, a estratégia ótima, além de simples, é bastante robusta. Uma vez que seus resultados são obtidos via análise *ex-post*, o equilíbrio independe das distribuições de probabilidade a serem consideradas e, portanto, independe das hipóteses de Valores Independentes e Simétricos (a premissa de Valores Privados é a única do modelo básico que permanece relevante). O mesmo já não vale para os leilões de primeiro preço, cujos resultados fundamentais dependem, especificamente, das distribuições de probabilidade dos demais participantes, mantendo-se importante, portanto, as hipótese de Valores Privados, Independentes e Simétricos.

Cabe também destacar que para os leilões de segundo preço, mesmo com a hipótese de valores privados sendo relaxada, ainda que as soluções deixem de ser triviais (uma vez que eventuais valores revelados pelos demais participantes passam a influenciar o lance a ser realizado), sob certas condições, como por exemplo leilões

¹⁶⁸ Evidentemente, a característica de resultados eficientes não é uma particularidade dos leilões de segundo preço. O objetivo neste ponto é destacar a obtenção desse resultado a partir do comportamento caracterizado pelos chamados “lances sinceros”.

selados envolvendo valores afiliados e modelos simétricos, fazer um lance baseado em uma estratégia simples e, de certa forma, similar ao anteriormente descrito, continua sendo ótimo em diversos equilíbrios¹⁶⁹.

No caso específico do Leilão de Margem de Escoamento, uma solução nova para todos os agentes envolvidos e, mais ainda, adotada frente a um histórico em que nunca se realizou qualquer tipo de pagamento pelo acesso (o que potencializa a falta de informações sobre os valores atribuídos ao bem leiloadado), concluiu-se que os atributos apresentados pelos formatos baseados em leilões de segundo preço seriam importantes na especificação mais adequada para o procedimento, sendo essa, portanto, a regra de precificação escolhida.¹⁷⁰

Não obstante, a opção por uma regra de precificação baseada em leilões de segundo preço costuma levantar alguns questionamentos e objeções, sendo que os principais dentre estes são endereçados na sequência.¹⁷¹

A principal objeção supõe que, com este tipo de regra, os participantes pagariam valores inferiores ao que seria desembolsado em um formato de primeiro preço.¹⁷² No entanto, esta objeção assume, erroneamente, que o comportamento dos participantes em relação aos lances será o mesmo independente do formato do leilão, o que diverge dos pontos mais elementares e fundamentais da teoria dos leilões. Inclusive, especificamente sob as hipóteses do modelo básico (valores privados, independentes e simétricos), os ajustes realizados nos lances para cada um dos formatos em questão seriam tais que não haveria qualquer diferença no pagamento esperado de cada participante.

¹⁶⁹ Em um modelo simétrico com valores afiliados, por exemplo, o lance ótimo no equilíbrio simétrico, para um leilão selado de segundo preço, corresponde à estimativa do participante para o valor que ele atribui ao bem (V_i), dado o seu sinal (x_i) e considerando que o maior sinal entre os demais participantes é igual ao seu sinal. Em resumo: $\lambda(x_i) = E[V_i | X_i = x_i, Y_1 = x_i]$.

¹⁷⁰ Kahn et al. (2001) destaca ainda que a regra de precificação selecionada pode ajudar a fornecer uma maior transparência em relação ao comportamento dos participantes em seus respectivos lances, o que por sua vez auxiliaria na detecção de conluios ou exercício de poder (tópico esse endereçado em maiores detalhes na Subseção 11.3.2). Como a estratégia ótima nos formatos de segundo preço consiste em realizar um lance igual ao valor atribuído ao bem, o que, ainda que grosseiramente, seria passível de ser estimado, eventuais desvios poderiam então ser mais facilmente detectados. Essa possibilidade não se estenderia aos formatos de primeiro preço pois, nestes, a estratégia ótima consiste em, necessariamente, fazer lances diferentes do valor atribuído ao bem (mais precisamente, inferiores ao valor atribuído).

¹⁷¹ Novamente, os itens destacados se respaldam não apenas na literatura de referência, mas também nas principais objeções apresentadas durante o período em que o trabalho foi desenvolvido no MME.

¹⁷² Ver alguns exemplos desse tipo de argumento em Kahn et al. (2001) e Kanumarath (2002). Este último trabalho, especificamente, apresenta trechos como “*Since the probability of Project realization is proportional to the award price, the realization probability will be lower in a second-price auction than in the first-price auction.*” (p. 5) e “*(...) the award price should not be lower than the bid price (second-price auction) (...)*” (p. 21), fazendo inclusive referências a outros artigos em tais registros.

Outra objeção comum, e diretamente relacionada com a primeira, diz respeito ao entendimento de que formatos baseados em segundo preço abdicariam de possível arrecadação que poderia ser obtida em formatos de primeiro preço. Contudo, esse argumento incorre no mesmo erro anteriormente mencionado, ou seja, de que o comportamento dos participantes em relação aos lances será o mesmo independente do formato do leilão. Neste caso, considerando novamente as hipóteses do modelo básico (valores privados, independentes e simétricos), a equivalência entre os pagamentos esperados implica diretamente na validade do chamado Princípio da Equivalência das Receitas (Riley e Samuelson, 1981). Mais ainda, sob condições específicas de valores afiliados em um modelo simétrico, que inclusive se aproximam daquelas esperadas para o Leilão de Margem de Escoamento (conforme será melhor detalhado na Subseção 11.3.3), a regra de precificação proposta apresenta resultados superiores em relação à receita a ser obtida.

11.3.2 Formatos Abertos x Formatos Fechados (Selados)

Ainda que a teoria dos leilões não possua resultados formais e conclusivos quanto à opção por formatos abertos ou fechados (selados) em determinadas situações que se afastam do modelo básico¹⁷³, buscou-se aqui, em linha com a proposta geral para o desenho do mecanismo, identificar os fatores mais importantes para o procedimento a ser especificado e, dada a regra de precificação previamente escolhida, adotar o formato cujas características melhor se adequassem à realidade do contexto de implementação.

A opção inicial por um formato aberto ascendente (*english auction*) teve como objetivo principal a promoção do chamado efeito *disclosure*, que permite a revelação de informações dos participantes ao longo do leilão, possibilitando que ajustes nas estratégias sejam realizados durante o certame. A busca por tal característica novamente foi motivada pelo ineditismo da solução, cujos efeitos são potencializados pela ausência informações a respeito do valor do acesso (frente seu histórico de disponibilização por filas e sem qualquer tipo de cobrança), o que torna o efeito mencionado relevante para os objetivos de eficiência do procedimento.

No entanto, as demais características dos formatos abertos ascendentes também foram levadas em consideração, assim como os possíveis *trade-offs* envolvidos em sua escolha. O detalhamento desta análise é apresentado nos itens

¹⁷³ Ver Cramton (1998).

subsequentes (em que todas as referências a formatos abertos dizem respeito, basicamente, a sua variante ascendente¹⁷⁴).

11.3.2.1 Principais Atributos

Binmore e Klemperer (2002) e Klemperer (2002a) destacam que, conforme desejado no contexto do Leilão de Margem de Escoamento, permitir aos participantes, durante o leilão, aprender sobre os valores atribuídos aos bens pelos demais competidores e refinar suas estimativas a partir das informações reveladas, corresponde a um dos principais atributos dos formatos abertos. Conforme será detalhado na Subseção 11.3.3.2, em uma situação de valores afiliados, essa característica pode, ainda, aumentar a receita do leiloeiro.

Diante de tais características, em um cenário de valores interdependentes (que, como será exposto na Subseção 11.3.3, entende-se ser a hipótese mais razoável para o Leilão de Margem de Escoamento), um formato aberto ajudaria a mitigar o risco do efeito conhecido na literatura como “maldição do vencedor” (*winner’s curse*). A “maldição do vencedor”, em que alguns participantes acabam por fazer lances superiores ao valor real do bem, decorre da complexidade que a interdependência traz para o problema, uma vez que o valor exato atribuído por um participante passa a ser desconhecido e a depender das informações (sinais) dos outros competidores. Nessa situação, uma estimativa realizada *a priori* pode precisar ser revisada de acordo com resultados ocorridos durante (ou mesmo após) o leilão.¹⁷⁵

Paralelamente, além de ajudar a mitigar o risco da “maldição do vencedor”, os formatos abertos auxiliam também na redução de uma consequência correlata a esse efeito, em que os participantes podem realizar lances muito cautelosos devido à preocupação com possíveis pagamentos excessivos (o medo da “maldição do vencedor” induz a lances mais cautelosos e, conseqüentemente, a preços menores).

A revelação de informação proporcionada pelo formato pode ainda reduzir o nível de benefícios informacionais passíveis de serem obtidos pelos participantes no

¹⁷⁴ Nos casos envolvendo uma única unidade, os leilões abertos descendentes (*dutch auctions*) mantêm sua equivalência estratégica com o Leilão Selado de Primeiro Preço mesmo nos diversos cenários examinados, não possuindo, portanto, os atributos em análise (principalmente no que diz respeito à revelação de informação e suas respectivas consequências).

¹⁷⁵ Particularmente no que diz respeito ao *winner’s curse*, conforme enfatizado por Krishna (2010), deve-se destacar que esse efeito se manifesta apenas caso os participantes não determinem corretamente sua estratégia a partir de todas as informações e conhecimentos disponíveis (inclusive o conhecimento de que ser declarado vencedor no certame irá diminuir sua estimativa para o valor do bem). Para maiores detalhes ver Apêndice 14.5.

leilão (*rents*), o que, por sua vez, pode trazer como efeito um aumento dos preços finais. Trata-se da relação positiva entre transmissão de informação e receita do leilão denominada *Linkage Principle* em Milgrom (1989).¹⁷⁶

Adicionalmente, McAfee et. al (2010) conjecturam que, na presença de participantes assimétricos, os formatos abertos tendem a ser mais eficientes. Essa conclusão se basearia na percepção de que, em formatos fechados, um participante mais forte, na busca por um lucro maior, pode reduzir muito seu lance, enquanto um participante mais fraco, buscando aumentar sua competitividade, irá reduzir seu lucro e fazer um lance mais próximo de seu valor. Esse comportamento pode fazer com que o participante mais forte não seja vencedor e o resultado final seja ineficiente, ao passo que, em um formato aberto, esse participante mais forte teria a oportunidade de revisar seu lance caso tal situação ocorresse. Em linha com essa análise, Maskin (1992) demonstra que, sob certas condições em que nenhum leilão é eficiente, os formatos abertos ascendentes apresentam resultados eficientes com maior probabilidade.¹⁷⁷ Logo, os dois casos tratam de resultados que apontam na direção do objetivo de maior eficiência almejado para o procedimento e obtidos em cenários factíveis (ou até mesmo possíveis) para o Leilão de Margem de Escoamento.

Também em linha com os objetivos de eficiência traçados inicialmente, Kagel et al. (1987) *apud* Cramton (1998) apontam o bom desempenho do leilão aberto ascendente em experimentos, o que seria atribuído, principalmente, à clareza proporcionada aos participantes quanto a sua estratégia dominante. Essa questão de clareza estratégica seria inclusive um ponto favorável para o aumento da participação e, conseqüentemente, da concorrência, uma vez que poucos recursos seriam necessários para identificar a estratégia adequada (aspecto também ressaltado em Milgrom (1989), que enfatiza a economia proporcionada pelo formato na coleta de informações e preparação da estratégia). Cramton (1998) argumenta ainda que o processo de revelação iterativa do preço em um leilão aberto ascendente seria mais apto a gerar preços de mercado confiáveis.

¹⁷⁶ No entanto, conforme exposto em Reny e Perry (1999), este resultado não necessariamente se aplica aos contextos de múltiplas unidades, logo a conclusão acima teria de ser analisada com maior cuidado no caso em estudo.

¹⁷⁷ Os resultados de Maskin (1992) tratam principalmente de situações com assimetria e valores interdependentes multidimensionais. O artigo apresenta ainda a situação de *common values* (em que todos os participantes atribuem o mesmo valor ao bem) e informações unidimensionais, sendo que nesta apenas o formato aberto ascendente apresenta resultados eficientes.

Sob uma perspectiva distinta, McAfee et al. (2010) citam o benefício de leilões abertos não gerarem arrependimentos ao final, dado que os participantes vencedores não terminam com lances muito maiores do que os realizados pelo segundo colocado e, portanto, “não deixam dinheiro na mesa”. Na mesma linha, Cramton (1998) ressalta o fator comportamental (ou psicológico) do formato, por garantir ao vencedor que havia outros participantes dispostos a pagar valores próximos ao seu (em contraste com formatos fechados, em que pode ocorrer da diferença entre o lance vencedor e os demais lances ser bastante elevada). Cramton (1998) menciona também a legitimidade fornecida por um leilão aberto ascendente, visto que a todos os participantes é dada a oportunidade de derrotar o lance mais alto (atributo que nenhum dos outros formatos possui), ou seja, caso não o façam, sua perda é atribuída única e exclusivamente a sua própria decisão.

Ainda que não relacionados diretamente aos objetivos prioritários do leilão, os pontos indicados no parágrafo anterior dizem respeito a possíveis atributos secundários que poderiam ser interessantes diante dos cenários esperados para a implementação e realização do Leilão de Margem de Escoamento (incluindo a continuidade de sua adoção frente à resistência inicialmente demonstrada por algumas entidades e agentes envolvidos).

Por fim, dado que em um formato aberto ascendente o vencedor não revela sua predisposição final a pagar, mitiga-se com essa escolha eventuais questionamentos que poderiam decorrer da utilização de uma regra de precificação com características de segundo preço (ainda que, como já abordado na Subseção 11.3.1, tais questionamentos se baseiem em argumentos equivocados).¹⁷⁸

11.3.2.2 Pontos de Atenção

A opção por um formato aberto ascendente, apesar de suas várias características desejáveis para o Leilão de Margem de Escoamento, nos direciona também a realizar uma análise de seus pontos de atenção (ou eventuais fraquezas).

Cramton (1998) e Klemperer (2002a) apontam o risco de conluio como principal problema do formato. Nesta mesma linha, Milgron (1987) mostra que formatos abertos admitem potencialmente um maior número de equilíbrios colusivos e Graham e Marshall (1989) indicam que a possibilidade dos participantes observarem

¹⁷⁸ Apesar dos questionamentos recorrentemente levantados por formatos de segundo preço no Brasil, cabe destacar que esses formatos são utilizados normalmente em outros países, inclusive em leilões do setor de energia (ver Maurer e Barroso (2011) e Kahn et al. (2001)).

diretamente o comportamento dos demais facilita a colusão nesses formatos. Esse último ponto é também reforçado em McAfee et al. (2010), no qual se observa que, em um formato aberto, uma eventual traição do membro de um cartel pode ser imediatamente percebida e punida, o que não ocorre em um formato selado, possibilitando uma maior abertura para se proceder com a traição.¹⁷⁹

Robinson (1995) apresenta ainda, como principais resultados, a maior probabilidade de conluio em leilões de segundo preço em geral (sejam abertos ou fechados)¹⁸⁰, com resultados válidos tanto para modelos de valores independentes, como para modelos de valores interdependentes, o que tornaria a questão ainda mais relevante diante da solução proposta e do ambiente de realização do Leilão de Margem.

Além do maior risco de conluio, Klemperer (2002a) aponta também a dissuasão de entrada e o estímulo a comportamentos predatórios como outros aspectos problemáticos dos formatos abertos. O primeiro decorreria da maior probabilidade de vitória dos participantes mais fortes nestes leilões¹⁸¹, o que desestimularia a entrada de concorrentes mais fracos e, conseqüentemente, a concorrência¹⁸². O segundo estaria relacionado com a possibilidade dos resultados nos leilões abertos serem muito influenciados por pequenas vantagens, o que faria, da aquisição de tais vantagens, uma estratégia predatória eficiente.

Cada um destes pontos é abordado em detalhes na sequência.

¹⁷⁹ Em relação ao aspecto reforçado em McAfee et al. (2010), vale mencionar dois pontos interessantes destacados em Cramton (1998). O primeiro aludindo ao fato de que a interação entre os participantes, em leilões, normalmente não ocorre em uma única ocasião e, o segundo, lembrando que as punições podem ocorrer também fora do leilão (tratando-se de um procedimento ilegal em si, não necessariamente os participantes do conluio precisariam ficar restritos aos regulamentos do leilão para punir comportamentos desviantes).

¹⁸⁰ Na análise apresentada por Robinson (1985) destaca-se que o crucial para tais resultados não seria o fato do leilão ser aberto ou fechado, mas sim a possibilidade de um membro do cartel se arrepender caso ocorra alguma trapaça.

¹⁸¹ Neste caso, por participantes mais fortes faz-se referência aos competidores que atribuem maior valor ao bem (conseqüentemente, participantes mais fracos refere-se aos competidores que atribuem menor valor ao bem).

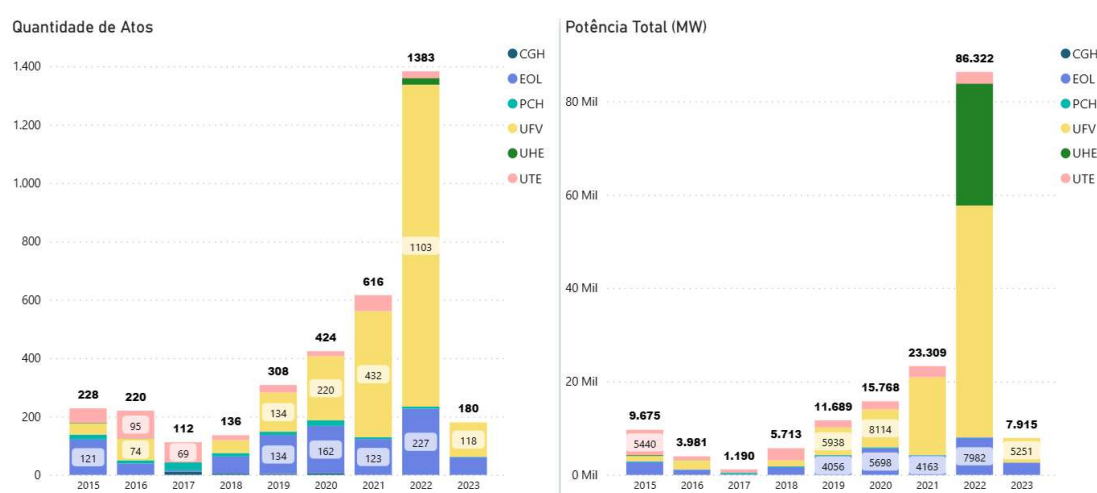
¹⁸² Sob tal ótica, formatos fechados (assim como os abertos descendentes) estimulariam a entrada ao aumentar as chances de participantes mais fracos vencerem (o que, ao mesmo tempo, traria como ponto negativo a maior probabilidade de resultados finais menos eficientes). Isto ocorreria porque, neste caso, os participantes precisam inferir o comportamento dos demais competidores para determinar seu lance, se defrontando com um trade-off na opção por lances maiores (ao mesmo tempo que aumentam sua probabilidade de vitória, diminuem seu lucro). De fato, Maskin e Riley (2000) apontam que, se vale a CSD (Conditional Stochastic Dominance), um participante forte prefere estritamente um formato aberto ascendente, enquanto um participante fraco prefere um formato fechado de primeiro preço.

Risco de Conluio

No que se refere ao risco de conluio, o principal ponto a ser observado no contexto do Leilão de Margem de Escoamento diz respeito ao cenário de grande concorrência em que este ocorreria, com um elevado número de empreendimentos competindo por margens bastante escassas. Sob tal perspectiva, esse risco seria muito mitigado (basta notar a enorme dificuldade que estaria envolvida na coordenação necessária para um conluio) e, portanto, seria um item de menor preocupação ao menos neste primeiro momento de grande competição (e enquanto um cenário similar se apresentasse, o que parece ser uma tendência razoavelmente duradoura no setor).¹⁸³

Os gráficos apresentados na Figura 20, referentes aos atos de outorgas emitidos pela ANEEL nos últimos anos, são representativos desta situação de elevada concorrência por margem. Como a emissão da outorga ocorre antes da solicitação de acesso, grande parte dos atos recentes indicados na figura em questão representam empreendimentos que ainda dependem da disponibilidade de margem de escoamento para obter seu acesso.¹⁸⁴

Figura 20 – Atos de outorga de geração emitidos a partir de 2015 (por tipo de Fonte)



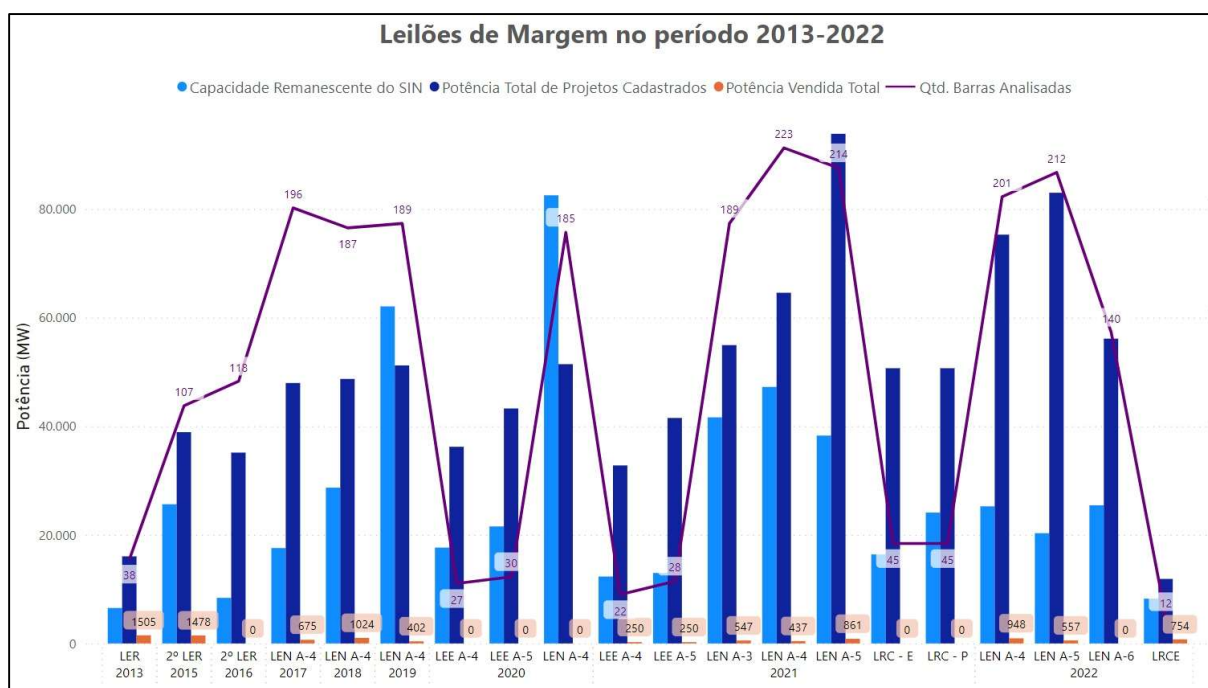
Fonte: ANEEL – Relatórios e Indicadores - Atos de Outorga da Geração (Atualização de 17/02/23)

¹⁸³ Destaca-se que nos exemplos usualmente relatados como problemáticos em relação a conluio, ver por exemplo Klemperer (2002a) e Klemperer (2002b), as situações envolvem poucos concorrentes disputando um número não muito diferente de unidades a serem leiloadas, o que corresponde a um cenário distinto do esperado para os Leilões de Margem de Escoamento. Alguns exemplos de situações problemáticas mencionadas nesses artigos (referente a leilões de espectros de frequência) envolvem: Holanda e Itália, ambos com 6 participantes para 5 licenças, Suíça com 4 participantes para 4 licenças, Bélgica e Grécia, cada um com 3 participantes para 4 licenças e, o caso de maior concorrência e maior sucesso, Inglaterra com 13 participantes para 5 licenças.

¹⁸⁴ O sumário executivo do PAR/PEL de 2022 emitido pelo ONS indica que, dentre o montante de geração com entrada prevista para o período 2022-2027 e cujo processo já chegou ao ONS, aproximadamente 18,5 GW encontram-se com Parecer de Acesso ainda não emitido.

Esse cenário de grande concorrência também é apontado pela Figura 21, na qual se verifica, através dos Leilões de Energia Nova (LEN) de 2021 e 2022, a diferença, para os anos de 2026, 2027 e 2028, entre a oferta de geração e a capacidade de escoamento remanescente do SIN. Neste caso, cabe ainda ressaltar que os dados apresentados tratam, exclusivamente, de oferta de energia para o ACR. Dado que o ambiente regulado já não representa a maior parte da expansão do parque de geração do país (atualmente a expansão da oferta nacional tem sido majoritariamente ancorada no ACL¹⁸⁵), a situação real pode ser ainda mais acentuada do que a diferença indicada no gráfico (em função de empreendimentos voltados exclusivamente para o atendimento do mercado livre e que, portanto, não participam dos leilões de energia do ACR).

Figura 21 – Oferta de Geração x Oferta de Margem



Fonte: ONS (Sob solicitação)¹⁸⁶

Desta maneira, no atual cenário de implementação do procedimento, não se vislumbra a necessidade de modificação do formato em virtude de sua maior suscetibilidade ao conluio. Essa conclusão apresenta-se em linha com Cramton (1998) e Binmore e Klemperer (2002), ambos indicando que formatos abertos não

¹⁸⁵ Conforme dados apresentados em ABRACEEL (2022), o percentual da geração em construção no país, destinada ao ACL, passou de 34% em Julho de 2019 para 83% em Abril de 2021.

¹⁸⁶ Uma atualização anterior deste gráfico, com os dados abrangendo até os leilões de 2021, encontra-se disponível em ONS (2021a).

seriam recomendados em contextos de baixa competição (o que claramente não é o caso para o Leilão de Margem de Escoamento), mas destacando seus bons resultados nas situações opostas (basicamente em função das características detalhadas na Subseção 11.3.2.1).

Especificamente em relação aos resultados apresentados em Robinson (1995), ainda que importantes, estes se sustentam em hipóteses específicas como a ausência de informação privada remanescente entre os participantes do cartel¹⁸⁷, a ausência de problema na divisão dos retornos, a abstração das preocupações com a possível detecção e punição do conluio e, principalmente, a ausência de problemas de coordenação e obtenção de acordo entre todos os participantes. Essa última premissa nos leva imediatamente de volta ao argumento principal, referente ao cenário de grande concorrência vislumbrado para o LME, o que nos permite relevar também os resultados do artigo em questão.¹⁸⁸

Binmore e Klemperer (2002) chamam a atenção ainda para problemas decorrentes da possibilidade de associação entre os competidores nos leilões, sugerindo que essa possibilidade deve ser vetada diretamente nas regras dos certames. Para este primeiro momento trata-se de um ponto que não inspirou maiores cuidados no Leilão de Margem, novamente em função do cenário de alta concorrência, com uma enorme fila de empreendimentos previamente outorgados aguardando o acesso, como também devido ao caráter não arrecadatório do procedimento. No entanto, considerando que o compartilhamento de conexão (e de margem) é permitido no arcabouço regulatório vigente, trata-se de um aspecto que pode demandar maior atenção em certames futuros.

Outros dois últimos pontos também favorecem o Leilão de Margem de Escoamento em relação ao conluio. O primeiro, conforme Klemperer (2002b), diz respeito à relevância das realizações prévias de leilões semelhantes, em função da possibilidade dos participantes aprenderem a “jogar o jogo”. Sob tal ótica, o fato do procedimento proposto ser novo ajudaria, neste primeiro momento, a mitigar o problema. O segundo ponto se refere a cada empreendimento poder concorrer no LME por um único acesso, em oposição ao que usualmente ocorre nos leilões de

¹⁸⁷ Uma vez formado o cartel, todos os participantes revelam completamente as suas informações privadas de forma crível.

¹⁸⁸ A análise de Robinson (1995) considera ainda leilões únicos (*one-time auction*), destacando que, no caso de leilões que se repetirão, em um contexto de jogos repetidos, a potencial formação de cartéis discutida no artigo ocorre igualmente para todos os formatos de leilão.

espectro de frequência (em que a literatura se baseia majoritariamente para tratar o risco de conluio nos formatos abertos), nos quais os participantes podem concorrer por diversas licenças simultaneamente, facilitando o tipo de conluio tácito exemplificados¹⁸⁹.

Ainda assim, entende-se como válida a adoção de algumas medidas usualmente recomendadas para aumentar a robustez do formato proposto¹⁹⁰, dado serem de simples implementação e não terem qualquer influência nos atributos desejáveis para o mecanismo. As medidas em questão visam a dificultar a utilização dos lances para realizar algum tipo de sinalização aos demais participantes e consistem, basicamente, em manter os participantes anônimos e pré-estabelecer os incrementos de preço possíveis. Especificamente em relação à primeira medida, cabe notar que sua adoção, ainda que simples, também envolve um *trade-off*, uma vez que pode existir informação importante a ser relevada na própria identidade do autor do lance^{191,192}.

Conforme apresentado na Seção 11.4, ambas as medidas constam no desenho final do Leilão de Margem de Escoamento e, como será indicado na Subseção 11.3.3.2, a anonimidade dos participantes, inclusive, não influencia os resultados para o modelo adotado como referência, bastando apenas que o número de participantes remanescentes seja conhecido (assim como o preço em que os demais participantes desistiram). Desta forma, esse resultado elimina o *trade-off* acima mencionado.

Klemperer (2002a) sugere também que se mantenha o número de participantes remanescentes anônimos. Neste caso, porém, a recomendação não foi considerada para o LME. Tal rejeição se baseia tanto nos resultados para o modelo adotado como referência (mencionados no parágrafo anterior e abordados em detalhes na Subseção 11.3.3.2), como na possibilidade da demanda por margem variar de empreendimento para empreendimento, sendo que, nesta situação, a medida sugerida reduziria o principal efeito desejado com a adoção do formato aberto, ou seja, a potencial revelação de informação dos participantes durante o certame (ainda que a potência

¹⁸⁹ Ver Klemperer (2002a).

¹⁹⁰ Ver McAfee e McMillan (1996), Cramton (1998), Klemperer (2002a) e McAfee et al. (2010).

¹⁹¹ McAfee e McMillan (1996) ressaltam inclusive que, frente a esse *trade-off*, nos leilões analisados pelo artigo a FCC optou por revelar a identificação dos participantes, uma vez que julgou que os benefícios de revelar tal informação superariam os riscos envolvidos.

¹⁹² McAfee et al. (2010) mencionam um efeito curioso causado pela manutenção dos participantes anônimos em alguns leilões de espectro de frequência, com os participantes gastando tempo significativo na tentativa de distinguir os demais competidores através das identificações que estavam sendo utilizadas.

demandada remanescente permanecesse sendo revelada, conforme solução alternativa aventada ao longo do desenvolvimento do trabalho).¹⁹³

Observamos ainda que, tal como será apresentado na Seção 11.4, a solução final adotada para o procedimento permite os participantes escolherem qualquer barramento para sua participação no leilão, sendo tal escolha sinalizada apenas na Etapa Prévia imediatamente anterior ao início do certame. Essa configuração proporciona mais uma medida que auxilia na mitigação do risco de conluio, dado que os participantes, *a priori*, não sabem exatamente com quem irão concorrer e possuem um universo de possíveis concorrentes bastante amplo para tentar qualquer tipo de coordenação.

E, apesar de tratar-se de um comportamento indesejável em essência, vale mencionar que, como os objetivos principais almejados pelo procedimento estão mais relacionados a questões de eficiência alocativa e maximização do uso da rede (e não a intenções arrecadatórias), a questão do conluio consiste em um problema menor nesta situação (e ainda mais relativizado com adoção de lances baseados em adiantamentos).¹⁹⁴

Por fim, cabe também ressaltar que, apesar do risco de conluio entre participantes aqui discutido, o formato aberto proporciona, em função de sua elevada transparência durante a realização do certame, uma menor chance de corrupção, manipulação e desvios por parte da entidade realizadora. Neste sentido, os formatos selados são mais susceptíveis a colusão com oficiais do governo ou demais entidades envolvidas. Colocando de outra forma, formatos selados são menos susceptíveis ao conluio entre participantes, mas mais susceptíveis a conluio com os organizadores.

¹⁹³ Para ilustrar melhor este último ponto, consideremos um exemplo hipotético, com N participantes de pequena potência e 1 participante de grande potência, todos concorrendo pela margem remanescente de um mesmo barramento, e em que um determinado incremento de preço frustre a demanda de N-1 geradores pequenos mas não seja suficiente para finalizar o certame. Nessa situação, o gerador pequeno remanescente continuaria competindo com o gerador de grande porte (que provavelmente se distingue dos seus concorrentes pequenos em relação ao valor atribuído à margem, dadas as economias de escala), no entanto, sem saber que todos os seus semelhantes desistiram aos preços correntes e que, conseqüentemente, sua valoração (e respectiva estratégia) tem grande probabilidade de estar errada.

¹⁹⁴ Em uma situação extrema, em que todos os agentes conseguissem chegar a um acordo sobre quem ficaria com cada acesso, ter-se-ia algo similar ao exemplo mencionado em McMillan (1995) e apresentado na Nota de Rodapé 147, não havendo necessidade de um procedimento específico para a alocação das margens remanescentes.

Risco de Dissuasão de Entrada e Comportamentos Predatórios

Em relação às demais fraquezas apontadas para os formatos abertos, Binmore e Klemperer (2002) destacam que os formatos abertos não seriam recomendados quando o nível de participação for uma preocupação. Nestas situações os formatos fechados seriam mais adequados, uma vez que, conforme já mencionado, forneceriam aos participantes mais fracos uma maior possibilidade de vitória, estimulando uma maior participação.

Cramton (1998) apresenta argumento similar, ressaltando que o efeito de dissuasão de entrada pode ser mais expressivo quando existirem assimetrias *ex-ante* significativas entre os participantes. Nesse cenário, o formato pode desencorajar a participação daqueles que atribuem menor valor ao bem (dada a maior certeza em relação ao resultado) e, em casos extremos, levar aos chamados equilíbrios de preço zero. Novamente, formatos fechados mitigariam esse problema ao tornar menos certo o resultado do leilão, fornecendo incentivos para os agentes mais fracos participarem do certame¹⁹⁵.

No entanto, o cenário de grande concorrência em que o procedimento será implementado, em conjunto com as semelhanças no perfil dos empreendimentos geradores que estão solicitando acesso ao sistema (majoritariamente empreendimentos solares e fotovoltaicos, concentrados na região nordeste e norte de Minas Gerais) e a baixa disponibilidade das margens disponíveis (não permitindo discrepância muito elevadas nas potências dos empreendimentos), nos permitem tratar as demais fraquezas mencionadas como itens de menor relevância para o Leilão de Margem de Escoamento¹⁹⁶.

Klemperer (2002b) nota ainda que realizações prévias de leilões semelhantes também podem influenciar aspectos relacionados a dissuasão de entrada, pois permitiriam aos participantes aprenderem sobre os valores dos oponentes. Esse ponto seria particularmente mais danoso para formatos abertos, dado que tornam

¹⁹⁵ Ver mais acerca de tal argumento em Klemperer (2002a) e Maskin e Riley (1996).

¹⁹⁶ Uma recomendação interessante mencionada em Cramton (1998), que ajudaria a verificar o nível de assimetria entre os potenciais participantes, e passível de ser realizada no processo em andamento junto ao MME, consiste em analisar as contribuições submetidas pelos agentes durante a Consulta Pública sobre a sistemática. Dado que, em tese, participantes mais fortes tendem a favorecer opções abertas, enquanto participantes mais fracos tendem a favorecer opções fechadas, suas contribuições devem refletir essa preferência e permitiriam identificar o nível de assimetria *ex-ante* dos geradores envolvidos.

conhecidos os valores dos perdedores¹⁹⁷ e possuem maior propensão a dissuadir a entrada de competidores mais fracos quando esses valores são conhecidos. Todavia, tratando-se de um procedimento completamente novo, cuja opção pelo formato aberto busca exatamente proporcionar algum aprendizado aos participantes, podemos, ao menos neste primeiro momento, desconsiderar essa preocupação.

Finalmente, um efeito de complementariedade entre resultados de leilões passados (ou mesmo acessos passados concedidos antes da adoção do leilão) e novas margens a serem leiloadas em procedimentos futuros também pode ter algum efeito de dissuasão ou barreira à entrada. Um gerador que já se encontra em determinada localidade pode ter sinergias na instalação de nova capacidade geradora próxima à existente, permitindo lances mais agressivos em eventual leilão pela margem. Mais uma vez trata-se de um fator que não possuiria maior relevância neste primeiro momento, pelos mesmos motivos descritos anteriormente. No futuro, caso os cenários para a realização dos Leilões de Margem se alterem, pode-se realizar estudos para adoção de medidas mitigadoras específicas para esse tipo de problema (algumas das quais descritas na Subseção 11.5.3).

11.3.2.3 Conclusões

Diante do exposto, visto que as preocupações concernentes ao conluio, dissuasão de entrada e estímulo a comportamentos predatórios foram devidamente mitigadas, as considerações acerca dos atributos desejáveis para o procedimento fazem-se valer, consolidando assim a opções pelo formato aberto ascendente.

Obviamente, caso o quadro que serviu de base para as análises realizadas se altere, com as questões referentes a conluio, dissuasão de entrada e estímulo a comportamentos predatórios se tornando relevantes para o procedimento proposto, a literatura oferece diversas alternativas, inclusive adaptações que possibilitam endereçar esses problemas mantendo as características desejáveis do formato aberto (supondo-se que no novo contexto tais características ainda sejam desejáveis ou mesmo necessárias). Dentre as alternativas existente, destacam-se duas: (i) a adoção de formatos híbridos¹⁹⁸, com uma primeira fase aberta, seguida de uma fase selada,

¹⁹⁷ Mesmo que seja adotada a medida de mitigação proposta neste trabalho, em que a identidade dos participantes não é revelada, o formato ainda permite um aprendizado sobre os valores do conjunto de perdedores como um todo.

¹⁹⁸ O princípio de tal proposta repousaria na extração dos principais benefícios dos dois formatos, com a fase aberta permitindo a revelação de informação e uma menor perda de eficiência, e a fase selada favorecendo o aumento na participação e diminuindo o risco de conluio.

conforme proposto em Klemperer (2002a)¹⁹⁹ e Binmore e Klemperer (2002); (ii) a adoção do chamado leilão escocês (*Scottish Auction*), que consiste em um formato aberto com tempo limitado²⁰⁰, conforme descrito em Cassidy (1967) *apud* Robinson (1985).

11.3.3 Formato Final

A partir das análises realizadas nas subseções anteriores, foi obtido, como ponto de partida para o formato final, um leilão em formato aberto ascendente, que contemplaria, desta maneira, as características desejadas no que diz respeito aos formatos abertos e também em relação a regras de precificação que apresentassem propriedades similares aos leilões de segundo preço.

No entanto, para o Leilão de Margem de Escoamento, uma vez que as margens disponíveis por barramento não são unitárias e podem acomodar a conexão de diversos empreendimentos, temos claramente uma situação de múltiplas unidades. Neste caso, o Leilão Aberto Ascendente não herda características importantes do Leilão Selado de Segundo Preço (características que foram, inclusive, determinantes para a definição da regra de precificação previamente realizada), deixando de ser o seu equivalente aberto (posto que passa a ser ocupado pelo Leilão de Ausubel, conforme indicado na Figura 2).²⁰¹

Contudo, ainda que a oferta de margens por barramento não seja unitária, a demanda de cada participante apresenta, de certa forma, essa característica. Isso ocorre não pelo valor da margem a ser efetivamente demandada, mas em função de cada empreendimento demandar, única e exclusivamente, um valor equivalente à sua capacidade de geração.

Em outras palavras, na situação em análise, não seria o caso de existir, para cada participante i , uma curva de demanda (por kW de margem) definida, para cada barramento, a partir de um vetor de valores x retirados do seguinte conjunto:

¹⁹⁹ Klemperer (2002a) conjectura que o formato híbrido proposto (denominado *Anglo-Dutch*) extrairia a maior parte da informação que poderia ser revelada em um formato puramente aberto, aumentando as receitas do leiloeiro em um cenário de informações afiliadas, enquanto a adição do estágio selado capturaria ainda receitas extras devido a efeitos de aversão ao risco, restrições orçamentárias e assimetrias.

²⁰⁰ Sob certas condições, adotando-se um leilão com tempo limitado, a estratégia de cartel deixa de ser um equilíbrio de Nash, uma vez que os participantes possuem incentivos para trapacear logo antes que o tempo acabe.

²⁰¹ Para maiores detalhes ver Cap. 12 de Krishna (2010) ou mesmo o Capítulo 4 na Parte I deste trabalho (sob a ótica de Licitações).

$$\Psi_j^i(P_E^i) = \{x \in [0, \omega]^K : \forall k > P_E^i, x_k = 0\}$$

com $[0, \omega] \in \mathbb{R}_+$, P_E^i sendo a potência do empreendimento do participante i , j o barramento e K o número de unidades a serem ofertadas (que aqui pode ser entendida, por exemplo, como cada kW de margem remanescente disponível).

No desenho proposto, cada participante está apto a contratar apenas um valor pré-determinado de margem, correspondente à potência de seu empreendimento.²⁰² Sendo assim, não haverá um vetor de valores para cada competidor i , mas sim um único valor, por barramento j dado por:

$$x_j^i(P_E^i) = \begin{cases} 0 & \text{se } P_E^i > MgR_j \\ x \in [0, \omega] & \text{se } P_E^i \leq MgR_j \end{cases}$$

com $[0, \omega] \in \mathbb{R}_+$ e em que MgR_j é a Margem de Escoamento Remanescente no barramento j .

Logo, cada participante possui uma demanda única equivalente à potência de seu empreendimento. Ainda que estas demandas sejam diferentes entre os participantes, esse fato, a princípio, não implicaria em maiores modificações no comportamento estratégico previsto para os agentes em relação ao caso no qual as potências são iguais.²⁰³ No entanto, mesmo que não ocasione alterações em termos de comportamentos estratégicos, a assimetria entre as potências dos empreendimentos pode causar outras implicações nos resultados do procedimento, inclusive em relação à maximização de receitas e otimização do uso da rede, conforme fica claro no **Exemplo 11.1** apresentado a seguir.

Exemplo 11.1: Considere uma situação com 4 empreendimentos interessados em um barramento cuja margem disponível seja de 10MW. Os empreendimentos possuem as seguintes características, em termos de potência e valor atribuído à margem:

Empreendimento 1

- *Potência: 8 MW*

²⁰² Notar que outras configurações poderiam ser adotadas, como, por exemplo, a alternativa em que os empreendimentos poderiam concorrer por diferentes valores de margem, ajustando sua demanda em função dos preços. No entanto, considerando o arcabouço regulatório vigente e o cenário de implementação do LME, o entendimento foi de que, ao menos inicialmente, a melhor opção seria pela manutenção da característica mencionada (até mesmo para trazer uma mudança menos brusca na formatação de acesso ao SIN, principalmente considerando que a proposta do leilão já traz grandes mudanças).

²⁰³ Ver Subseção 4.3.3 e Subseção 4.3.4 na Parte I desta dissertação.

- *Valor atribuído à margem: R\$ 1,85 / kW*

Empreendimento 2

- *Potência: 5 MW*
- *Valor atribuído à margem: R\$ 1,80 / kW*

Empreendimento 3

- *Potência: 5 MW*
- *Valor atribuído à margem: R\$ 1,80 / kW*

Empreendimento 4

- *Potência: 6 MW*
- *Valor atribuído à margem: R\$ 1,75 / kW*

Neste caso, sob as hipóteses do modelo básico (valores privados, independentes e simétricos), um leilão aberto ascendente teria o Empreendimento 1 como vencedor, ocupando 8 MW da margem disponível (com 2 MW residual) e gerando uma receita de R\$ 14.400,00.

Todavia, se fossem selecionados o Empreendimento 2 e o Empreendimento 3, a margem do barramento seria ocupada em sua totalidade, maximizando o uso da rede, e a receita gerada, supondo, por exemplo, um pagamento equivalente ao valor do Empreendimento 4, seria de R\$ 17.500,00, superando a receita obtida no primeiro caso. ▲

Desta forma, para o restante deste trabalho será adotada a hipótese simplificadora indicada na sequência, ficando a análise dos casos com demandas unitárias assimétricas destinada a estudos subsequentes.

Hipótese de Demandas Unitárias Simétricas: *A demanda dos empreendimentos por margem, para fins dos modelos a serem utilizados no desenho do mecanismo competitivo para o acesso ao SIN, são, em um mesmo barramento, simétricas em termos de potência.*

A hipótese acima, que implica considerar uma mesma potência para todos os empreendimentos que disputam um determinado barramento, permite que a demanda desses empreendimentos seja caracterizada como um caso típico de demanda unitária. Neste sentido, a menos que indicado o contrário, em todas as partes do texto em que se fizer menção a “demandas unitárias”, deve-se entender “demandas unitárias simétricas”. Ainda que este modelo não se apresente em plena conformidade

com a realidade, seus resultados nos ajudam a iluminar alguns dos aspectos mais relevantes para a situação em análise.

11.3.3.1 Modelo de Referência (Valores Privados)

Tratando-se de um caso de demandas unitárias e, adotando-se como modelo de referência um cenário de valores privados, as características que o Leilão Multi-Unidades Aberto Ascendente não herdava do Leilão Selado de Segundo Preço, fazendo com que o primeiro não fosse a extensão aberta do segundo para o caso de múltiplas unidades, passam a ser válidas, conforme apresentado na **Proposição 11.1**.

Proposição 11.1: *Em um cenário de valores privados e demanda unitária, fazer um lance igual ao seu próprio valor é uma estratégia fracamente dominante para cada participante no Leilão Multi-Unidades Aberto Ascendente. Ou seja, $\lambda_i(x_i) = x_i$, $\forall x_i \in X_i$, é uma estratégia fracamente dominante para cada participante $i = 1, \dots, N$ e a alocação resultante é eficiente.*

Demonstração:

Inicialmente, para fins de simplificação da demonstração, considere a equivalência estratégica, no caso de valores privados, entre o Leilão Multi-Unidades Aberto Ascendente e o Leilão de Preço Uniforme.

Tome então um Leilão de Preço Uniforme pela margem remanescente em determinado barramento j , com N participantes, e fixe um participante i qualquer.

Suponha que a potência do empreendimento do participante i é menor ou igual à margem remanescente disponível em j ($P_E^i \leq MgR_j$) e que, portanto, i atribui um valor x_j^i a sua demanda por margem no barramento (em $R\$/kW$).

Seja p o maior lance perdedor e, portanto, o preço final atribuído à margem no leilão em questão (em $R\$/kW$).

Neste caso, se escolher o lance $b_j^i = x_j^i$ o participante i :

- vence se $x_j^i > p$ e obtém *payoff* $\Pi_i = x_j^i - p$;
- perde se $x_j^i < p$ e obtém *payoff* $\Pi_i = 0$;
- tem utilidade *ex-post* igual a zero se $x_j^i = p$.

Tomando como referência os resultados acima:

I. Caso i escolhesse um lance $z_j^i < x_j^i$

- i. Se $x_j^i > z_j^i > p$, então nada mudaria em seu *payoff*;
- ii. Se $p \geq x_j^i > z_j^i$, novamente não haveria alteração em seu *payoff*.
- iii. Se $x_j^i > p \geq z_j^i$, então seu *payoff* reduziria de $\Pi_i = x_j^i - p > 0$ para $\Pi_i = 0$;

Logo, o participante i não pode melhorar seu *payoff* diminuindo seu lance (diminuir o lance pode apenas piorar seu *payoff* ou mantê-lo inalterado).

II. Caso i escolhesse um lance $z_j^i > x_j^i$:

- i. Se $z_j^i > x_j^i > p$, então nada mudaria em seu *payoff*;
- ii. Se $p > z_j^i > x_j^i$, novamente não haveria alteração em seu *payoff*.
- iii. Se $z_j^i \geq p > x_j^i$ ou $z_j^i > p \geq x_j^i$, então seu *payoff* reduziria de $\Pi_i = 0$ para $\Pi_i = x_j^i - p < 0$;

Logo, o participante i não pode melhorar seu *payoff* aumentando seu lance (aumentar o lance pode apenas piorar seu *payoff* ou mantê-lo inalterado).

$\therefore$ O participante i não pode melhorar seu *payoff* *ex-post* desviando da estratégia de jogar “sinceramente” (fazer um lance equivalente ao seu valor real), ou seja, $\forall x_i \in X_i$, $\lambda_i(x_j^i) = x_j^i$.

Desta forma, $\lambda = (\lambda_1, \dots, \lambda_N)$, em que $\lambda_i(x_j^i) = x_j^i$ para todo $i = 1, \dots, N$, é um Equilíbrio de Nash Bayesiano (ENB) em estratégias fracamente dominantes para o Leilão Multi-Unidades Aberto Ascendente em um cenário de valores privados e demanda unitária.

Por fim, como no equilíbrio encontrado os participantes que atribuem maior valor à margem remanescente do barramento vencem o leilão, trata-se também de um mecanismo eficiente. ■

Verifica-se que, neste caso, ao contrário do que ocorre em situações de demandas múltiplas, não há mais a possibilidade do lance de um participante para uma unidade adicional influenciar o preço a ser pago na primeira unidade e, portanto, não há mais incentivo para comportamentos como o “sombreamento” de lances e a redução da demanda.²⁰⁴

²⁰⁴ Ver Cap. 13 de Krishna (2010) ou Subseção 4.3.3 da Parte I.

Consequentemente, nos casos com demanda unitária e valores privados, o Leilão Multi-Unidades Aberto Ascendente apresenta as propriedades desejadas do Leilão Selado de Segundo Preço em relação a jogar sinceramente (ou *bidding truthfully*) e proporciona resultados eficientes. Sob tais hipóteses, o Leilão Multi-Unidades Aberto Ascendente é estrategicamente equivalente ao Leilão de Ausubel²⁰⁵ e, portanto, atenderia os objetivos almejados para o formato sem a necessidade de incorrer nas especificidades e complexidades deste último.

No entanto, cabe ressaltar que, para a validade dessa ampla equivalência de resultados, faz-se crucial a hipótese de valores privados. Caso contrário os resultados da **Proposição 11.1** ficariam restritos ao Leilão de Preço Uniforme²⁰⁶, uma vez que este último deixaria de ser estrategicamente equivalente ao Leilão Multi-Unidades Aberto Ascendente que, portanto, não mais herdaria as propriedades desejadas do Leilão Selado de Segundo Preço.

Contudo, a própria justificativa inicial para adoção de um formato aberto, promover a revelação de informações e mitigar a probabilidade de “maldição do vencedor” (*winner’s curse*), nos indica que, para o contexto do Leilão de Margem de Escoamento, a hipótese de valores privados talvez não seja a mais razoável. Dado o caráter inovador do procedimento (e todas as consequências trazidas por tal característica, conforme descrito em subseções anteriores), provavelmente uma melhor descrição da situação consista em uma hipótese de valores interdependentes e, mais ainda, afiliados.

Neste sentido, faz-se necessária também uma análise das estratégias e resultados para o formato proposto nessas circunstâncias.

11.3.3.2 Valores Interdependentes e Afiliados

Para permitir um melhor entendimento, e tratando-se de uma configuração ainda não abordada ao longo do trabalho, antes de proceder com a análise dos resultados propriamente ditos, apresentamos em maiores detalhes o modelo a ser considerado.

²⁰⁵ Nesta situação a equivalência estratégica também seria estendida ao Leilão de Vickrey e ao Leilão de Preço Uniforme. Para maiores detalhes, ver Milgrom (1985), no qual se demonstra que, em contextos de demanda unitária, o Leilão de Preço Uniforme é idêntico ao Leilão de Vickrey e, mais ainda, o preço uniforme obtido é um preço competitivo (ou seja, o menor preço em que a oferta e a demanda se igualam). Estendendo a análise para cenários de valores privados, ambos são também estrategicamente equivalentes aos Leilões de Ausubel e Leilão Aberto Ascendente.

²⁰⁶ E, conforme apresentado na Nota de Rodapé anterior, ao Leilão de Vickrey.

Valores Interdependentes

No modelo aqui considerado para valores interdependentes, que irá relaxar a hipótese de valores privados, cada um dos N participantes, todos neutros ao risco, possui apenas uma informação parcial sobre o valor que atribui ao bem. Além disso, os outros competidores podem possuir informações que, se reveladas aos demais participantes, alterariam os valores destes últimos.

Cada informação particular x_i , de um dado participante i , corresponde a realização de uma variável aleatória X_i distribuída no intervalo $[0, \omega_i] \in \mathbb{R}_+$, com função distribuição de probabilidade $F_i(\cdot)$ e função densidade de probabilidade $f_i(\cdot)$. Como de costume na literatura, denominaremos estas informações por sinais.

Assumimos então que o valor do bem para o participante i é uma função do sinal de todos os N participantes, dada por:

$$V_i = v_i(x_1, \dots, x_N)$$

com v_i sendo não decrescente em todas as variáveis e duas vezes diferenciável.²⁰⁷

Desta maneira, tem-se uma especificação em que o valor para um determinado participante é completamente determinado pelos sinais recebidos, não havendo assim qualquer incerteza remanescente.²⁰⁸

Destaca-se que, sob tal modelo, o valor atribuído ao bem por um dado participante é desconhecido *a priori*, uma vez que pode depender das informações obtidas a partir dos outros participantes, o que, por sua vez, demanda que essa valoração seja continuamente revisada ao longo do leilão.

Valores Afiliados

A hipótese de valores afiliados relaxa a premissa de valores independentemente distribuídos do modelo básico, permitindo que os sinais sejam correlacionados e, mais ainda, assume que os sinais de cada um dos participantes são positivamente correlacionados de uma maneira específica em que, se em um subconjunto os valores de determinados x_i são grandes, então é mais provável que

²⁰⁷ Note que o modelo especificado pode incluir, como um caso particular, a premissa de valores privados, bastando para isso considerar $v_i(X) = v_i(x_1, \dots, x_N) = x_i$.

²⁰⁸ Conforme detalhado no Cap. 6 de Krishna (2010), este não precisa ser necessariamente o caso, havendo formulações mais gerais que podem acomodar, dentre outros, questões relativas a incertezas e sinais disponíveis apenas ao leiloeiro.

os valores remanescentes x_{-i} também sejam grandes, com esse resultado valendo para todos subconjuntos do domínio.²⁰⁹

Simetria

Além das hipóteses de valores interdependentes e afiliados, iremos considerar ainda mais três premissas de simetria para o modelo:

- i. Os sinais x_i de todos os participantes são retirados do mesmo intervalo $[0, \omega] \in \mathbb{R}_+$;
- ii. O valor atribuído por um participante é dado por $v_i(x) = u(x_i, x_{-i}) \forall i$, em que a função u , que é a mesma para todos os participantes, é simétrica para os últimos $N - 1$ componentes (no sentido de que a ordem destes sinais pode ser trocada sem afetar o valor obtido); e
- iii. A função densidade de probabilidade conjunta dos sinais, denominada f e definida em $[0, \omega]^N \subset \mathbb{R}_+^N$ é simétrica em seus argumentos.

Notamos então que, para o modelo simétrico adotado como referência a partir das hipóteses acima, em um leilão aberto ascendente, a informação adicional revelada não depende da identidade dos participantes. Em tais circunstâncias, basta o conhecimento do número de participantes ainda ativos e os preços em que os demais desistiram.

Equilíbrio²¹⁰

Em um Leilão Aberto Ascendente com N participantes (ainda considerando o caso de uma única unidade sendo leiloadada), seja uma estratégia de equilíbrio simétrico dada pelo conjunto de $N - 1$ funções²¹¹:

$$\lambda = (\lambda^N, \lambda^{N-1}, \dots, \lambda^2)$$

Com $\lambda^k: [0, 1] \times \mathbb{R}_+^{N-k} \rightarrow \mathbb{R}_+$, para $1 < k \leq N$, em que $\lambda^k(x, p_{k+1}, \dots, p_N)$ fornece o preço em que o participante i irá desistir caso ainda existam k participantes ativos, seu sinal seja x e o preço em que os demais $N - k$ participantes desistiram foi $p_{k+1} > p_{k+2} > \dots > p_N$.

²⁰⁹ Conforme Klemperer (1999), trata-se de uma forma mais forte de correlação positiva, algo como uma correlação positiva local em todas as regiões.

²¹⁰ Os resultados apresentados se baseiam sobretudo na demonstração de Krishna (2010). Demonstração similar pode ser também encontrada em Milgrom e Weber (1982).

²¹¹ Uma função para cada possibilidade de número de participantes ativos em uma rodada do leilão. Logo, $N - 1$ funções, pois precisamos sempre de, no mínimo, 2 participantes ativos (caso contrário o leilão terá sido encerrado).

Seja $u(\cdot)$ a função previamente definida, que determina o valor atribuído pelos participantes em função dos sinais recebidos ($v_i(x) = u(x_i, x_{-i}) \forall i$).

Considere então que, quando todos os participantes ainda estão ativos, seguem a seguinte estratégia:

$$\lambda^N(x) = u(x, x, \dots, x)$$

em que $\lambda^N(\cdot)$ é uma função contínua e estritamente crescente.

Tome o primeiro participante a desistir a um determinado preço e, sem perda de generalidade (reorganizando os participantes, caso necessário), denomine este participante por N e o preço em que ele desistiu por p_N . Como $\lambda^N(\cdot)$ é contínua e estritamente crescente, existe um sinal x_N tal que $\lambda^N(x_N) = p_N$ e esse sinal é único. Como todos seguem a mesma estratégia, x_N será de conhecimento comum de todos os participantes (sendo obtido a partir do preço de desistência observado).

Após a primeira desistência, considere que os participantes ainda ativos seguem então a estratégia dada por:

$$\lambda^{N-1}(x, p_N) = u(x, \dots, x, x_N)$$

em que $\lambda^{N-1}(\cdot, p_N)$ é também uma função contínua e estritamente crescente, com $\lambda^N(x_N) = p_N$.

Podemos então proceder recursivamente desta forma para todo k tal que $2 \leq k \leq N$, denominando os participantes desistentes como $N, N-1, \dots, k+1$, conforme sua ordem de desistência, e os preços de desistência como $p_N, p_{N-1}, \dots, p_{k+1}$, respectivamente.

Consideramos então que os k participantes restantes em uma determinada rodada seguem a seguinte estratégia:

$$\lambda^k(x, p_{k+1}, \dots, p_N) = u(x, \dots, x, x_{k+1}, \dots, x_N)$$

com $\lambda^{k+1}(x_{k+1}, p_{k+2}, \dots, p_N) = p_{k+1}$.

Proposição 11.2: *No modelo simétrico descrito para valores interdependentes e afiliados, o equilíbrio simétrico e crescente em um Leilão Aberto Ascendente é dado pela estratégia λ acima detalhada.*²¹²

²¹² Este equilíbrio é o único dentre os equilíbrios simétricos e crescentes. No entanto, para o modelo simétrico considerado como referência podem existir também equilíbrios assimétricos.

Demonstração:

Considere o participante i com sinal x_i e suponha que todos os demais participantes sigam a estratégia λ .

Sejam $Y_1, Y_2, \dots, Y_{N-1}$ as respectivas estatísticas de ordem dos $N - 1$ sinais restantes. Suponha que $Y_1, Y_2, \dots, Y_{N-1}$ sejam tais que o participante i vence o leilão se ele também segue a estratégia λ .

Neste caso, tem-se que $x_i > Y_1$, pois as funções $\lambda^k(\cdot)$ são contínuas e estritamente crescentes, e o valor a ser pago pelo participante i será o preço de desistência do participante com o segundo maior sinal (no caso, o sinal correspondente à estatística de ordem Y_1).

Considerando a estratégia anteriormente descrita, esse preço de desistência será dado por $u(Y_1, Y_1, Y_2, \dots, Y_N)$. E, como $x_i > Y_1$, obtém-se que:

$$u(x_i, Y_1, Y_2, \dots, Y_N) - u(Y_1, Y_1, Y_2, \dots, Y_N) > 0$$

Ou seja, considerando a função $u(\cdot)$ definida para o modelo simétrico, uma vez que o participante i não pode alterar o preço que está pagando e que, ao vencer está recebendo um *payoff* positivo dado o valor que atribui ao bem (lembrando que $v_i(x) = u(x_i, x_{-i})$), i não pode melhorar sua situação desviando da estratégia λ .

Suponha agora $Y_1, Y_2, \dots, Y_{N-1}$ sejam tais que o participante i não vence o leilão seguindo a estratégia λ . Neste caso, tem-se que $x_i < Y_1$. Mas então, caso o participante i optasse por não seguir a estratégia λ e não desistisse, vencendo o leilão, novamente essa vitória seria ao preço $u(Y_1, Y_1, Y_2, \dots, Y_N)$. Contudo, como $x_i < Y_1$, em tal situação tem-se:

$$u(x_i, Y_1, Y_2, \dots, Y_N) - u(Y_1, Y_1, Y_2, \dots, Y_N) < 0$$

Ou seja, o preço a ser pago excede o valor *ex-post* que o participante atribui ao bem e, portanto, este ficaria com utilidade negativa. Logo teria sido melhor seguir a estratégia λ e desistir do leilão.

$\therefore$ O participante i não pode melhorar seu *payoff ex-post* desviando da estratégia λ .

■

Notamos então que, dadas as premissas adotadas para modelo, a estratégia λ fornece um equilíbrio bastante robusto, pois independe da distribuição considerada para os sinais. Dito de outra maneira, para qualquer função $u(\cdot)$ satisfazendo as hipóteses anteriormente mencionadas, se a estratégia λ é um equilíbrio para alguma

função densidade de probabilidade conjunta dos sinais f , continuará sendo caso os sinais sejam distribuídos por outra função densidade de probabilidade conjunta h .

Desta forma, a estratégia descrita fornece um equilíbrio *ex-post* em que, para qualquer realização dos sinais, λ corresponde a um equilíbrio de Nash do jogo de informação completa que seria obtido caso todos os sinais fossem de conhecimento dos participantes. Consequentemente, a estratégia apresenta uma característica bastante importante deste tipo de equilíbrio: a inexistência de arrependimentos. Ou seja, no equilíbrio obtido ao final do leilão, independentemente das realizações dos sinais, nenhum dos participantes se arrepende da decisão tomada frente as informações reveladas.

Krishna (2010) demonstra que, sob as mesmas condições aqui consideradas (valores afiliados e modelo simétrico), trata-se de uma característica que não se faz presente nos Leilões de Primeiro Preço (sejam eles abertos ou selados) e no Leilão Selado de Segundo Preço.²¹³ Deste modo, tem-se nessa característica um resultado favorável à adoção do formato aberto ascendente em condições como as descritas.

Eficiência

Para o modelo adotado neste trabalho em uma situação de valores interdependentes e afiliados, todos os formatos tradicionais de leilão possuem equilíbrios simétricos e crescentes. Todavia, estes equilíbrios, assim como o obtido na **Proposição 11.2**, são crescentes nos sinais particulares de cada participante, o que faz, portanto, que o vencedor seja o competidor com maior sinal. Como o participante que possui o maior sinal não necessariamente corresponde ao que atribui maior valor ao bem, os resultados destes equilíbrios não são eficientes para nenhum dos formatos tradicionais.²¹⁴

No entanto, Krishna (2010) demonstra que, caso a “*Single Crossing Condition*” seja satisfeita para a função $v_i(x_1, \dots, x_N)$ que determina o valor que os participantes atribuem ao bem, ou seja, para $i \neq j$ e todo x tem-se $\frac{\partial v_i}{\partial x_j}(x) \geq \frac{\partial v_j}{\partial x_i}(x)$, então todos esses formatos possuem equilíbrios eficientes.²¹⁵

²¹³ Isso ocorre porque, em um formato aberto ascendente, os sinais de todos os demais competidores são revelados ao vencedor, o que não ocorre nos demais formatos.

²¹⁴ Para maiores detalhes acerca destes resultados, ver o Cap. 6 de Krishna (2010).

²¹⁵ Esta conclusão não se aplica para os casos em que existe assimetria entre os participantes. Especificamente para o Leilão Aberto Ascendente, na existência de assimetria entre os participantes, a propriedade de “*Single Crossing Condition*” garante a existência de um equilíbrio eficiente apenas em leilões restritos a dois participantes. Uma abrangência mais geral, contemplando maior número de

Comparação de Receitas

Conforme Milgron e Weber (1982) e Weber (1983), diante das hipóteses aqui consideradas, a receita esperada em um Leilão Aberto Ascendente nunca é menor que a receita esperada em um Leilão Selado de Segundo Preço, assim como a receita esperada em um Leilão Selado de Segundo Preço é, no mínimo, tão grande quanto a receita esperada em um Leilão Selado de Primeiro Preço (ou em um Leilão Aberto Descendente que, neste caso, continua estrategicamente equivalente ao Leilão Selado de Primeiro Preço).

Portanto, no que diz respeito à receita do leiloeiro, em um cenário de valores interdependentes e afiliados, com um modelo simétrico, verifica-se que o Leilão Aberto Ascendente supera todos os demais formatos tradicionais.

Uma forma simples de entender tal resultado é notar que, nessas condições, ao contrário do que ocorre com os demais formatos, o Leilão Aberto Ascendente revela informações para os participantes, que podem então revisar suas estimativas para o valor do bem. Essa revisão proporciona uma redução das incertezas, permitindo que os competidores realizem lances mais agressivos, o que, por sua vez, tende a gerar um incremento na receita do leiloeiro.

Múltiplas Unidades

Os resultados apresentados até o momento para os Leilões Abertos Ascendentes, no contexto de valores afiliados em um modelo simétrico, ainda que bastante positivos, dizem respeito a situações que contemplam a venda de uma única unidade. Como o acesso à margem remanescente do sistema de transmissão envolve a disponibilização de múltiplas unidades em um mesmo leilão, isto nos leva à indagação imediata quanto à possibilidade da extensão desses resultados para o caso em análise.

Conforme destacado anteriormente, apesar do Leilão de Margem de Escoamento envolver a oferta de múltiplas unidades, trata-se também de uma situação caracterizada pela demanda unitária dos participantes (em que adota-se neste trabalho a hipótese simplificadora de simetria entre essas demandas unitárias). Como grande parte das complicações relacionadas aos casos com múltiplas unidades advêm da multiplicidade de itens demandados, e não da multiplicidade de itens a

participantes, pode ser obtida apenas com o atendimento da "Average Crossing Condition". Para maiores detalhes acerca destas considerações, ver o Cap. 9 de Krishna (2010).

venda, o cenário de demanda unitária permite, muitas vezes, a extensão de diversos resultados obtidos em configurações simples para contextos de múltiplas unidades.²¹⁶

De fato, trata-se do que ocorre nesse cenário de valores afiliados, modelo simétrico e demanda unitária. Sob tais hipóteses, Weber (1983) mostra que o Leilão Selado de Preço Uniforme gera uma receita esperada maior que o Leilão Selado de Preço Discriminatório, enquanto Milgron (1985) mostra que a receita esperada do Leilão Aberto Ascendente é, no mínimo, tão alta quanto à receita esperada do Leilão de Vickrey. Por fim, considerando a situação de demandas unitárias, obtém-se ainda que o Leilão de Vickrey é equivalente ao Leilão Selado de Preço Uniforme. Para melhor visualizar esta última equivalência, especificamente no que diz respeito às receitas²¹⁷, considerar o exemplo apresentado a seguir.

Exemplo 11.2: Suponha um caso de demandas unitárias, com 6 participantes ($N = 6$) e 3 unidades ofertadas pelo leiloeiro ($K = 3$). Sejam os lances submetidos pelos participantes dados por:

$$\mathbf{b} = (b^1, b^2, b^3, b^4, b^5, b^6) = (50, 42, 45, 40, 48, 52)$$

Ordenando estes lances em ordem decrescente obtemos:

$$\bar{\mathbf{b}} = (b^6, b^1, b^5, b^3, b^2, b^4) = (52, 50, 48, 45, 42, 40)$$

Desta maneira, dadas as $K = 3$ unidades ofertadas, os participantes vencedores serão aqueles que realizaram os três maiores lances, no caso, b^6 , b^1 e b^5 .

Em um Leilão Selado de Preço Uniforme, cada um destes participantes pagaria o valor do maior lance perdedor ($b^3 = 45$) e a receita do leiloeiro seria de $R_{LSPU} = 135$.

Considerando a regra do Leilão de Vickrey, os participantes vencedores se defrontariam com os seguintes vetores de lances competitivos:

$$c^{-6} = (b^1, b^5, b^3) = (50, 48, 45)$$

$$c^{-1} = (b^6, b^5, b^3) = (52, 48, 45)$$

$$c^{-5} = (b^6, b^1, b^3) = (52, 50, 45)$$

Neste caso, o pagamento de cada um pela unidade adquirida seria dado por c_K^{-i} .

²¹⁶ Menezes (1998) apresenta um compilado geral dos resultados da teoria dos leilões em casos de múltiplas unidades com demanda unitária.

²¹⁷ Para a equivalência estratégica entre os dois formatos neste cenário de demandas unitárias, ver Milgron (1985) ou Cap. 13 de Krishna (2010).

Sendo assim, como $K = 3$, obtém-se os seguintes valores: $c_3^{-6} = 45$, $c_3^{-1} = 45$ e $c_3^{-5} = 45$. Ou seja, novamente cada um destes participantes pagaria 45 e a receita do leiloeiro seria de $R_{LV} = 135$. ▲

Desta maneira, o ordenamento de receitas esperadas previamente apresentado continua válido no contexto de múltiplas unidades, obtendo-se para o Leilão Aberto Ascendente (LAA), o Leilão Selado de Preço Uniforme (LSPU) e o Leilão Selado de Preço Discriminatório (LSPD), o seguinte resultado (de acordo com as siglas entre parênteses):

$$E[R_{LAA}] \geq E[R_{LSPU}] > E[R_{LSPD}]$$

Estes resultados são consequência do chamado *Linkage Principle* apresentado em Milgron (1985) que, de forma geral, permite realizar a comparação entre receitas dos diferentes formatos a partir da derivada parcial, em relação ao sinal recebido (x), de uma função $W^A(z, x)$ que representa, para um determinado formato de leilão A , o preço esperado a ser pago por um participante caso ele seja o vencedor quando recebe um sinal x e faz um lance como se tivesse recebido um sinal z .

Nota-se, porém, que agora a equivalência estratégica entre o Leilão Selado de Preço Discriminatório e o Leilão Aberto Descendente deixa de existir, pois esse último permite revelação de informações aos participantes durante o certame, o que não ocorre com o primeiro.

Ademais, destaca-se que os resultados expostos dependem também da hipótese de neutralidade ao risco dos participantes indicada na especificação do modelo. Weber (1983) mostra, por exemplo, que em uma situação de participantes igualmente avessos ao risco, o Leilão Selado de Preço Discriminatório proporcionaria uma receita esperada maior do que o Leilão Selado de Preço Uniforme.

11.3.4 Conclusões

Frente ao exposto ao longo das últimas subseções, verificou-se a possibilidade de atender características desejadas para o Leilão de Margem de Escoamento (baixa complexidade na determinação do lance e revelação de informações dos participantes), através de um formato simples e cujas fragilidades (principalmente a possibilidade de conluio) não se fazem tão pronunciadas no contexto em questão (ou então são passíveis de medidas que as mitiguem).

Além disso, verificou-se também que o formato em questão apresenta bons resultados tanto no cenário básico de referência (múltiplas unidades e demanda unitária, com valores privados, independentes e simétricos), como nos cenários que, provavelmente, se aproximam mais da realidade esperada para a realização do leilão (múltiplas unidades e demanda unitária, com valores interdependentes e afiliados em um modelo simétrico).

Desta forma, a proposta para o procedimento a ser estabelecido considera a adoção de Leilões Abertos Ascendentes.

Mais especificamente, como ficará claro na Seção 11.4, a escolha será por uma modalidade tradicional deste formato, conhecida como *Ascending Clock Auction*, em que os incrementos de preço são determinados previamente pelo leiloeiro e realizados em intervalos de tempo pré-estabelecidos. Uma alternativa próxima, também adotada em diversas situações, seria aquela em que o leiloeiro determina apenas o valor do incremento mínimo, com os participantes podendo fazer lances superiores a esse valor. Trata-se de uma alternativa que chegou a ser considerada dentre as opções para o Leilão de Margem, mas que, como será detalhado na Subseção 11.4.1.5, foi descartada em prol da modalidade inicialmente sugerida.

11.4 SISTEMÁTICA DO LEILÃO

Definida a escolha pela adoção de Leilões Abertos Ascendentes, direciona-se a atenção para a análise e especificação da sistemática a ser considerada.

11.4.1 Características Gerais

11.4.1.1 Considerações Iniciais

Em linha com os objetivos de promover maior eficiência alocativa e a maximização do uso da rede, adotou-se como premissa para o procedimento ofertar sempre todas as margens ainda disponíveis no horizonte do PAR vigente no ONS²¹⁸. Neste caso, dado que o horizonte contempla 5 anos, as margens em cada um destes anos devem ser disponibilizadas, separadamente, em um mesmo Leilão de Margem de Escoamento. Além disso, também seria relevante considerar a possibilidade de

²¹⁸ O horizonte do PAR contempla 5 anos, contados a partir do ano seguinte ao ano de vigência. Por exemplo, o PAR de 2021 considera o horizonte de 2022 a 2026. Desta maneira, eventual procedimento a ser realizado em 2023 contemplaria as margens disponíveis no sistema para os anos de 2024 a 2028.

todos os empreendimentos participantes poderem realizar lances em qualquer barramento²¹⁹.

Essas duas características proporcionam aos competidores, sob a ótica temporal e de localidade física, uma maior gama de possibilidades para a escolha do ponto de conexão, favorecendo assim a eficiência do processo alocativo a ser realizado.

A opção por contemplar todo o horizonte do PAR reflete ainda a ideia de evitar discricionariedades na escolha dos barramentos a serem ofertados em determinado momento, mitigando o risco de comportamentos desviantes (como favorecimentos e corrupção em geral) e possíveis questionamentos legais, assim como evitar as distorções e complexidades que emergem de desenhos que determinam endogenamente os itens e quantidades a serem leiloados (neste caso, barramentos e margens).²²⁰

11.4.1.2 Oferta de Margens

O cômputo das margens remanescentes disponíveis para serem ofertadas no leilão envolve a realização de cálculos significativos pelo ONS. Sendo assim, a opção por disponibilizar todas as margens disponíveis no sistema envolveria considerar os barramentos do SIN em sua totalidade, o que poderia trazer, desnecessariamente, uma complexidade muito grande para essa etapa. Para fins destes cálculos, o ideal seria os participantes indicarem previamente seus barramentos de interesse, evitando assim a necessidade de computar margens para pontos de acesso que não possuem interessados. Obviamente, para garantir alguma efetividade nessa medida, deve-se limitar as indicações, por participante, a uma determinada quantidade de barramentos pré-estabelecida.

Para o primeiro Leilão de Margem, previsto para ocorrer em 2023, limitou-se as indicações em 3 barramentos por participantes. Essa escolha, ainda que tenha um certo grau de arbitrariedade, inicialmente pareceu ser mais que suficiente para acomodar os objetivos de eficiência do leilão frente ao cenário de demanda atual. Isso porque, além do elevado número de potenciais competidores, existe também uma

²¹⁹ Para o leitor não familiarizado com os termos e nomenclaturas dos sistema elétrico, neste caso basta entender os barramentos como sendo os pontos de conexão disponibilizados aos empreendimentos para acesso ao sistema de transmissão.

²²⁰ Ver Binmore e Klemperer (2002) para maiores detalhes sobre as considerações acerca destas opções com determinação endógena dos itens e quantidades a serem ofertados nos leilões.

elevada concentração de empreendimentos em regiões específicas, o que, provavelmente, será suficiente para englobar a maior parte (ou a totalidade) dos pontos disponíveis nas áreas de maior interesse.

Cabe ainda notar que essa restrição, em alguma medida, também se manifesta técnica e economicamente aos próprios empreendimentos, cujas possibilidades de conexão ao sistema de transmissão, inevitavelmente, estarão limitadas a barramentos próximos às suas localizações. Além disso, as próprias localizações dos empreendimentos, em função das características técnicas do projeto, dos estudos realizados previamente e, até mesmo, da disponibilidade fundiária, também estaria restrita a uma área pré-determinada.

11.4.1.3 Leilões Sequenciais x Leilões Simultâneos

Dadas as premissas expostas na Subseção 11.4.1.1, fica clara a necessidade de uma abordagem que considere, em um mesmo procedimento, a oferta das margens disponíveis nos múltiplos barramentos indicados pelos participantes, para cada um dos anos no horizonte de referência. Desta maneira, duas alternativas são possíveis: Leilões Simultâneos ou Leilões Sequenciais.

A opção por um Leilão Simultâneo consistiria, essencialmente, em todos os barramentos habilitados²²¹, em seus múltiplos anos, sendo ofertados ao mesmo tempo através de diversos leilões abertos ascendentes individuais (tendo em vista o formato definido previamente). Mesmo com os empreendimentos apresentando, naturalmente, uma possibilidade limitada de escolha entre os barramentos disponíveis, essa opção poderia trazer uma complexidade adicional para o certame e para o processo decisório dos agentes (que já se defrontam com as dificuldades inerentes a um procedimento nunca realizado anteriormente), podendo inclusive resultar em perdas de eficiência devido a escolhas equivocadas dos participantes.²²² Logo, sua utilização seria justificada apenas na presença de benefícios claramente identificados para o contexto do Leilão de Margem de Escoamento.

²²¹ Os barramentos habilitados correspondem aos barramentos indicados previamente pelos participantes que possuem alguma margem de escoamento remanescente e disponibilidade física para conexão. Ver maiores detalhes na Subseção 11.4.2.2.

²²² Uma dificuldade técnica adicional que precisaria ser verificada nesta situação diz respeito à possibilidade de atualização instantânea, conforme andamento do certame, das margens disponíveis nos barramentos para cada um dos distintos anos disponibilizados.

Contudo, os maiores benefícios dos leilões simultâneos se materializam diante da existência de complementariedade entre os distintos produtos ou unidades²²³. Neste caso, em que o valor atribuído a uma determinada unidade depende das outras unidades adquiridas, com o valor de agregações específicas podendo superar a soma dos valores de seus itens separados, este tipo de leilão apresenta a vantagem de disponibilizar, ao mesmo tempo, toda a informação disponível acerca de cada um dos itens, proporcionando maior flexibilidade aos participantes na construção das possíveis combinações desejadas. Em contrapartida, ao disponibilizar uma única unidade por vez, os leilões sequenciais fazem com que, nessas situações, os participantes precisem inferir os preços dos itens futuros para fazer um lance adequado no item corrente. Desta maneira, na existência de complementariedade, os leilões simultâneos permitem que as agregações sejam determinadas de forma mais eficiente a partir do próprio mecanismo.

Como o Leilão de Margem envolve um cenário de demandas unitárias, esses benefícios relacionados à complementariedade entre unidades, a princípio, podem ser desconsiderados nesta análise.²²⁴

McAfee e McMillan (1996) e Binmore e Klemperer (2002) ressaltam ainda que o efeito *spill-over* da competição seria mais acentuado em leilões simultâneos. Como esses leilões permitem que, em caso de diferenças significativas de preço entre unidades que sejam substitutas próximas, os participantes possam alternar entre elas mais facilmente, maiores preços em unidades de maior concorrência acabam refletindo maiores preços em unidades de menor concorrência.

Ainda que não ocorra de forma tão dinâmica e acentuada, nota-se que esse efeito também se manifesta nos leilões sequenciais. E, dado o caráter não-arrecadatório do procedimento, uma eventual intensidade mais baixa do efeito *spill-over* teria menor importância na especificação da sistemática do leilão, podendo assim

²²³ Ver McMillan (1995), Cramton (1998), McAfee e McMillan (1996) e Binmore e Klemperer (2002).

²²⁴ Uma possível exceção seriam situações com empreendimentos pertencentes a um mesmo grupo controlador, em que a viabilização de determinados projetos poderia proporcionar maiores sinergias e economias de escala. No entanto, McAfee e McMillan (1996) apontam que, mesmo nos leilões de espectro de frequência, cujas características potencializariam os efeitos da complementariedade, ao contrário do que se imaginava anteriormente, as evidências apontam no sentido de que esses efeitos não seriam tão significativos a ponto de gerar grandes discontinuidades nos valores das agregações (principalmente frente a existência de substitutos próximos). Frente a tais resultados, entende-se que a exceção acima mencionada, que configuraria um efeito potencial bem menos significativo, também poderia ser desconsiderada, sem maiores prejuízos, para a análise pertinente ao Leilão de Margem de Escoamento.

ser relegada a segundo plano em prol de algo mais simples e que, conseqüentemente, permita uma maior eficiência alocativa.

No entanto, ainda sobre o *spill-over* da competição, para o caso específico do Leilão de Margem de Escoamento, cabe notar que a possibilidade de substituição entre os barramentos está diretamente relacionada à localidade física do empreendimento e, portanto, se manifestará de forma muito similar em um conjunto de participantes pertencentes a uma mesma área. Desta maneira, em uma abordagem sequencial, um competidor pode esperar que todos os seus concorrentes que não vençam em um barramento específico, provavelmente, serão novamente seus concorrentes nos barramentos seguintes que ainda viabilizem sua conexão. Essa característica pode ter impactos relevantes na análise do efeito mencionado. Por exemplo, sob certas hipóteses, não haveria razão para uma eventual desistência antecipada baseada em alguma perspectiva de menor concorrência em barramentos substitutos que seriam leiloados na sequência.^{225,226} Neste sentido, esperar-se-ia que, nessas condições, o efeito *spill-over* da competição fosse máximo. De fato, como será visto mais à frente, essa expectativa está em linha com alguns dos resultados obtidos para os leilões sequenciais a partir de determinadas premissas.

No que diz respeito aos leilões sequenciais, McAfee e McMillan (1996) apontam como principais problemas desta abordagem a possibilidade de lances predatórios nas rodadas iniciais, no intuito de diminuir a concorrência em unidades complementares subsequentes, e o risco de arrependimento em relação aos resultados das rodadas iniciais frente aos resultados das rodadas posteriores, em função da complementariedade planejada não ter sido alcançada. Novamente, trata-se de aspectos que não são relevantes no contexto de demanda unitária do Leilão de Margem de Escoamento.²²⁷

²²⁵ Algo como, por exemplo, um participante abandonando o leilão de determinado barramento por entender que os preços estivessem alcançando patamares muito elevados, optando, assim, por concorrer em outro barramento que esteja fisicamente próximo (e que ainda não foi leilado), ou então no mesmo barramento, mas em outro ano do horizonte contemplado pelo procedimento (e que seria ofertado na sequência).

²²⁶ Conforme destacado, não se trata de um resultado geral. No caso de valores interdependentes, por exemplo, um participante poderia fazer lances mais baixos em uma unidade inicial com o intuito de influenciar a estimativa dos demais competidores em relação ao valor do bem (o que talvez permitisse sua vitória, em unidades posteriores, a preços mais baixos).

²²⁷ Eventuais exceções envolveriam o tipo de situação apresentada na Nota de Rodapé 224, sendo estas aqui desconsideradas pelos mesmos motivos expostos anteriormente na nota em questão.

McAfee e McMillan (1996) mencionam ainda a considerável discordância sobre o tema, com diferentes grupos de teóricos advogando a favor das diferentes possibilidades em diferentes situações.

Face ao exposto e, levando em consideração as particularidades do procedimento, assim como seus principais objetivos, a escolha se direciona inicialmente para a adoção de Leilões Sequenciais. Buscando uma melhor análise e compreensão dessa solução e, tratando-se de uma configuração não abordada anteriormente no trabalho, a seguir detalhamos os principais resultados obtidos a partir deste tipo de leilão para alguns dos cenários de referência.

11.4.1.4 Leilões Sequenciais

Modelo de Referência

Para realizar uma análise das estratégias e resultados proporcionados pelos leilões sequenciais no contexto dos Leilões de Margem de Escoamento, adota-se as premissas de que todos os barramentos de interesse de um determinado empreendimento são considerados unidades idênticas e que um conjunto de empreendimentos localizados em uma mesma área possui interesse por um mesmo conjunto de barramentos.

Em função das restrições relacionadas à alteração na localização de um projeto, assim como as restrições técnicas e econômicas que determinam o conjunto de possíveis pontos de conexão para os empreendimentos, a segunda premissa não se afasta muito do cenário real.

No que diz respeito à primeira hipótese, uma alternativa mais próxima da realidade seria tratar os barramentos como unidades não idênticas, dado, por exemplo, os diferentes custos de interligação e conexão. No entanto, dentro do conjunto factível de barramentos de interesse para um empreendimento, não se trata também de uma hipótese absurda, pois, neste caso, as diferenças existentes seriam menos significativas. Sendo assim, optou-se pela sua manutenção em virtude do entendimento que, eventuais ganhos na análise, decorrentes da opção por unidades não idênticas, não se justificariam frente ao aumento de complexidade advindo dessa alternativa.

Segue-se então com as premissas inicialmente definidas, considerando um leilão sequencial de K unidades idênticas, com N participantes neutros ao risco, em

que $N > K$, e tendo como referência o modelo básico baseado em valores privados, independentes e simétricos.

Cada participante i atribui um valor x_i a uma unidade do bem, sendo esse valor modelado pela variável aleatória X_i distribuída no intervalo $[0, \omega] \in \mathbb{R}_+$ com função distribuição de probabilidade $F(\cdot)$ e função densidade de probabilidade $f(\cdot)$. Neste caso, as hipóteses do modelo básico de referência tornam cada realização de x_i em uma retirada independente da mesma distribuição $F(\cdot)$.

Postula-se ainda que a função densidade de probabilidade, assim como o número de participantes N , são de conhecimento comum de todos os envolvidos, que $F(\cdot)$ admite função densidade de probabilidade contínua $f(\cdot)$, que $f(\cdot)$ possui *suporte pleno* ($f(x) > 0, \forall x \in \Omega$) e que, ao final do leilão de cada unidade, o lance vencedor é anunciado a todos os participantes.

Dado o contexto em que se insere o Leilão de Margem de Escoamento, considera-se também uma situação de demanda unitária, bem como a utilização previamente determinada de um formato aberto ascendente.

Por fim, adota-se a premissa de realização dos diversos leilões em um curto intervalo de tempo, de forma que os participantes não descontem no tempo os *payoffs* dos leilões que são realizados mais tardiamente.

Definido o modelo de referência, para determinar as estratégias de equilíbrio procedemos como recomendado em Klemperer (1999), partindo da análise de um formato distinto (nesse caso, o Leilão Sequencial de Primeiro Preço) e utilizando a equivalência de receitas para obter os resultados desejados no formato de interesse.

Leilão Sequencial de Primeiro Preço

Uma estratégia para um determinado participante i deste leilão consiste em um conjunto de K funções, $\lambda_1^i, \dots, \lambda_K^i$, em que $\lambda_j^i(x_i, p_1, \dots, p_{j-1})$ corresponde ao lance no leilão da j -ésima unidade, dado que o valor do participante é x_i e os preços nos $j - 1$ leilões das unidades anteriores são, respectivamente, $p_1, p_2, \dots, p_{j-1}$.

Seja $Y_j \equiv Y_j^{(n-1)}$ a variável aleatória que consiste no cálculo do j -ésimo maior valor das realizações dos demais participantes, ou seja, Y_j é a estatística de j -ésima ordem dos $N - 1$ valores restantes. E seja $G_j \equiv G_j^{(n-1)}$ a função distribuição de probabilidades da variável aleatória Y_j , com $g_j \equiv g_j^{(n-1)}$ sendo a correspondente função densidade de probabilidade.

Proposição 11.3: *Para o modelo de referência, caso exista um equilíbrio simétrico, diferenciável e estritamente crescente no Leilão Sequencial de Primeiro Preço, as estratégias deste equilíbrio terão a seguinte forma:*

$$\lambda_j^I(x_i) = E[Y_K | Y_j < x_i < Y_{j-1}]$$

em que $\lambda_j^I(x_i)$ corresponde ao lance para o leilão da j -ésima unidade.

Demonstração:

Fixe um participante i qualquer.

Suponha um equilíbrio simétrico, diferenciável, estritamente crescente e sequencialmente racional²²⁸, que denominaremos por $\lambda_j(\cdot)$, com todos os demais participantes jogando segundo esse equilíbrio.

Note que a estratégia no primeiro leilão depende apenas dos valores dos participantes, enquanto as estratégias nos demais leilões podem depender dos valores dos participantes e também dos preços realizados para as unidades anteriores.

Neste caso, no j -ésimo leilão, os valores dos vencedores nos períodos anteriores serão conhecidos, pois:

$$\begin{aligned} p_1 &= \lambda_1(y_1) \\ p_2 &= \lambda_2(y_2, p_1) \\ &\vdots \\ p_{j-1} &= \lambda_{j-1}(y_{j-1}, p_1, p_2, \dots, p_{j-2}) \end{aligned}$$

Ou seja, $\lambda_j(\cdot)$ pode ser vista como uma função dos valores dos vencedores anteriores:

$$\lambda_j(x_i, y_1, \dots, y_{j-1}).$$

Inicie então pelo último período ($j = K$) e suponha que o participante i , de valor x_i , faz o lance $b = \lambda_K(z, y_1, \dots, y_{K-1})$, sendo que os competidores restantes neste período possuem valores $Y_K, Y_{K+1}, \dots, Y_N$.

Como em equilíbrio $y_{K-1} > Y_K$, não existe incentivo para i fazer um lance maior que $\lambda_K(y_{K-1}, y_1, y_2, \dots, y_{K-1})$. Portanto, seu *payoff* esperado no K -ésimo leilão, caso faça um lance $b = \lambda_K(z, y_1, \dots, y_{K-1})$, com $z \leq y_{K-1}$, será:

$$\Pi(z, x_i; y_1, \dots, y_{K-1}) = \text{prob}[z > Y_K | Y_1 = y_1, \dots, Y_{K-1} = y_{K-1}] \times (x_i - b)$$

²²⁸ Por equilíbrio sequencialmente racional deve-se entender um equilíbrio em que, para quaisquer realizações nos leilões das unidades anteriores, a estratégia definida para o período seguinte deve consistir em um equilíbrio.

$$\Pi(z, x_i; y_1, \dots, y_{K-1}) = G_K(z | Y_1 = y_1, \dots, Y_{K-1} = y_{K-1}) \times (x_i - b)$$

Supondo que essa função seja estritamente côncava, a maximização do *payoff* fornece como Condição de Primeira Ordem (CPO):

$$g_K(z | Y_1 = y_1, \dots, Y_{K-1} = y_{K-1}) \times (x_i - b) - \frac{d(b)}{dz} \times G_K(z | Y_1 = y_1, \dots, Y_{K-1} = y_{K-1}) = 0$$

Como em um equilíbrio simétrico $b = \lambda_K(x_i, y_1, \dots, y_{K-1})$, ou ainda, $z = x_i$, obtém-se, a partir da expressão acima, o seguinte:

$$g_K(x_i | Y_1 = y_1, \dots, Y_{K-1} = y_{K-1}) \times (x_i - \lambda_K(x_i, y_1, \dots, y_{K-1})) \\ - \lambda_K'(x_i, y_1, \dots, y_{K-1}) \times G_K(x_i | Y_1 = y_1, \dots, Y_{K-1} = y_{K-1}) = 0$$

Reorganizando a expressão:

$$\lambda_K'(x_i, y_1, \dots, y_{K-1}) = \frac{g_K(x_i | Y_1 = y_1, \dots, Y_{K-1} = y_{K-1})}{G_K(x_i | Y_1 = y_1, \dots, Y_{K-1} = y_{K-1})} \times (x_i - \lambda_K(x_i, y_1, \dots, y_{K-1}))$$

Note então que, de forma geral, valem as seguintes equivalências:²²⁹

$$G_j^{(n-1)}(x_i | Y_1 = y_1, \dots, Y_{j-1} = y_{j-1}) = G_1^{(n-j)}(x_i | Y_1^{(n-j)} < y_{j-1}) = \frac{F(x_i)^{N-j}}{F(y_{j-1})^{N-j}} \\ g_j^{(n-1)}(x_i | Y_1 = y_1, \dots, Y_{j-1} = y_{j-1}) = g_1^{(n-j)}(x_i | Y_1^{(n-j)} < y_{j-1}) = \frac{(N-j) \times f(x_i) \times F(x_i)^{N-j-1}}{F(y_{j-1})^{N-j}}$$

Substituindo as equivalências acima na expressão obtida para $\lambda_K'(x_i, y_1, \dots, y_{K-1})$:

$$\lambda_K'(x_i, y_1, \dots, y_{K-1}) = \frac{(N-K) \times f(x_i) \times F(x_i)^{N-K-1}}{F(y_{K-1})^{N-K}} \times \frac{F(y_{K-1})^{N-K}}{F(x_i)^{N-K}} \times (x_i - \lambda_K(x_i, y_1, \dots, y_{K-1}))$$

Logo:

$$\lambda_K'(x_i, y_1, \dots, y_{K-1}) = \frac{(N-K) \times f(x_i)}{F(x_i)} \times (x_i - \lambda_K(x_i, y_1, \dots, y_{K-1}))$$

$$F(x_i) \times \lambda_K'(x_i, y_1, \dots, y_{K-1}) = (N-K) \times f(x_i) \times (x_i - \lambda_K(x_i, y_1, \dots, y_{K-1}))$$

$$F(x_i) \times \lambda_K'(x_i, y_1, \dots, y_{K-1}) = (N-K) \times (f(x_i) \times x_i - f(x_i) \times \lambda_K(x_i, y_1, \dots, y_{K-1}))$$

E, portanto:

$$F(x_i) \times \lambda_K'(x_i, y_1, \dots, y_{K-1}) + (N-K) \times f(x_i) \times \lambda_K(x_i, y_1, \dots, y_{K-1}) = (N-K) \times f(x_i) \times x_i$$

²²⁹ Para uma maior detalhamento destas manipulações referentes às estatísticas de ordem, ver Apêndice C de Krishna (2010).

De forma equivalente:

$$\frac{d}{dx} [F(x_i)^{N-K} \times \lambda_K(x_i, y_1, \dots, y_{K-1})] = (N-K) \times f(x_i) \times x_i \times F(x_i)^{N-K-1}$$

Desta maneira:

$$d[F(x_i)^{N-K} \times \lambda_K(x_i, y_1, \dots, y_{K-1})] = [(N-K) \times f(x_i) \times x_i \times F(x_i)^{N-K-1}] dx$$

Integrando os dois lados (no intervalo de 0 a x_i):

$$\int_0^{x_i} d[F(y)^{N-K} \times \lambda_K(y, y_1, \dots, y_{K-1})] = \int_0^{x_i} [(N-K) \times f(y) \times y \times F(y)^{N-K-1}] dy$$

Como $\lambda_K(0, y_1, \dots, y_{K-1}) = 0$:

$$F(x_i)^{N-K} \times \lambda_K(x_i, y_1, \dots, y_{K-1}) = \int_0^{x_i} [(N-K) \times f(y) \times y \times F(y)^{N-K-1}] dy$$

Mas:

$$(N-K) \times f(y) \times F(y)^{N-K-1} = \frac{d(F(y)^{N-K})}{dy}$$

Portanto:

$$F(x_i)^{N-K} \times \lambda_K(x_i, y_1, \dots, y_{K-1}) = \int_0^{x_i} y d(F(y)^{N-K})$$

E:

$$\lambda_K(x_i, y_1, \dots, y_{K-1}) = \frac{1}{F(x_i)^{N-K}} \int_0^{x_i} y d(F(y)^{N-K}) = E[Y_1^{(n-K)} | Y_1^{(n-K)} < x_i]$$

Por fim:

$$\lambda_K(x_i, y_1, \dots, y_{K-1}) = \lambda_K(x_i) = E[Y_1^{(n-K)} | Y_1^{(n-K)} < x_i] = E[Y_K^{(n-1)} | Y_K^{(n-1)} < x_i < Y_{K-1}^{(n-1)}]$$

Note que $\lambda_K(x_i, y_1, \dots, y_{K-1})$ independe dos valores de $y_1, \dots, y_{K-1}$, ou seja, o anúncio dos preços anteriores, adotado como premissa no modelo de referência, não altera a estratégia de equilíbrio para o período $j = K$.

Obtida a estratégia $\lambda_K(x_i)$ para o último período, considere agora o leilão para uma unidade $k < K$ qualquer.

Novamente, fixe o participante i (de valor x_i).

Suponha que os demais participantes jogam segundo o equilíbrio λ_k no leilão da unidade k , que todos os participantes, incluindo o participante i , jogam segundo os

equilíbrios $\lambda_{k+1}, \dots, \lambda_K$ nos leilões subsequentes e que o participante i faz um lance ligeiramente superior à $\lambda_k(x_i)$ no k -ésimo leilão, digamos, $\lambda_k(x_i + \varepsilon)$.

Neste caso, são duas as possibilidades:

- I. Se $Y_k < x_i$, o participante i teria vencido com o lance $\lambda_k(x_i)$ e, ao fazer um lance maior, a única consequência será aumentar o pagamento pela unidade. Neste caso, o incremento em seu pagamento esperado e, portanto, sua perda de *payoff* ao realizar um lance mais elevado, será:

$$\Delta\Pi = \text{prob}[Y_k < x_i \mid Y_{k-1} = y_{k-1}] \times \{[x_i - \lambda_k(x_i)] - [x_i - \lambda_k(x_i + \varepsilon)]\}$$

$$\Delta\Pi = \text{prob}[Y_k < x_i \mid Y_{k-1} = y_{k-1}] \times [\lambda_k(x_i + \varepsilon) - \lambda_k(x_i)]$$

$$\Delta\Pi = G_k[x_i \mid Y_{k-1} = y_{k-1}] \times [\lambda_k(x_i + \varepsilon) - \lambda_k(x_i)]$$

- II. Se $x_i < Y_k < x_i + \varepsilon$, o participante i teria perdido com o lance $\lambda_k(x_i)$ e, ao fazer um lance maior, se torna o vencedor da k -ésima unidade. Essa possibilidade pode ser dividida em dois eventos distintos:

- a. No primeiro evento tem-se $Y_{k+1} < x_i < Y_k < x_i + \varepsilon$, ou seja, o participante i perderia a k -ésima unidade mas venceria na unidade seguinte.
- b. No segundo evento tem-se $x_i < Y_{k+1} < Y_k < x_i + \varepsilon$, ou seja, o participante i perderia a k -ésima unidade e a unidade seguinte e, possivelmente, venceria em alguma unidade $l > k + 1$.

No entanto, sendo ε pequeno, a probabilidade do segundo evento é tão reduzida que sua contribuição no *payoff* esperado do participante pode ser desconsiderada.²³⁰ Desta forma, concentrando-se apenas no primeiro evento, a variação de *payoff* em função do lance mais alto será:

$$\Delta\Pi = \text{prob}[x_i < Y_k < x_i + \varepsilon \mid Y_{k-1} = y_{k-1}] \times \{[x_i - \lambda_k(x_i + \varepsilon)] - [x_i - \lambda_{k+1}(x_i)]\}$$

$$\Delta\Pi = \{G_k[x_i + \varepsilon \mid Y_{k-1} = y_{k-1}] - G_k[x_i \mid Y_{k-1} = y_{k-1}]\} \times [\lambda_{k+1}(x_i) - \lambda_k(x_i + \varepsilon)]$$

Igualando as equações obtidas para cada uma das possibilidades:

$$G_k[x_i \mid Y_{k-1} = y_{k-1}] \times [\lambda_k(x_i + \varepsilon) - \lambda_k(x_i)]$$

$$= \{G_k[x_i + \varepsilon \mid Y_{k-1} = y_{k-1}] - G_k[x_i \mid Y_{k-1} = y_{k-1}]\} \times [\lambda_{k+1}(x_i) - \lambda_k(x_i + \varepsilon)]$$

²³⁰ Ver Seção 15.1.2 de Krishna (2010).

O que fornece:

$$\begin{aligned} G_k[x_i | Y_{k-1} = y_{k-1}] &\times [\lambda_{k+1}(x_i) - \lambda_k(x_i)] \\ &= G_k[x_i + \varepsilon | Y_{k-1} = y_{k-1}] \times [\lambda_{k+1}(x_i) - \lambda_k(x_i + \varepsilon)] \end{aligned}$$

Dividindo tudo por ε e tomando o limite para $\varepsilon \rightarrow 0$:

$$\lambda_k'(x_i) = \frac{g_k[x_i | Y_{k-1} = y_{k-1}]}{G_k[x_i | Y_{k-1} = y_{k-1}]} \times [\lambda_{k+1}(x_i) - \lambda_k(x_i)]$$

Considerando novamente as seguintes equivalências:

$$G_j^{(n-1)}(x_i | Y_1 = y_1, \dots, Y_{j-1} = y_{j-1}) = G_1^{(n-j)}(x_i | Y_1^{(n-j)} < y_{j-1}) = \frac{F(x_i)^{N-j}}{F(y_{j-1})^{N-j}}$$

$$g_j^{(n-1)}(x_i | Y_1 = y_1, \dots, Y_{j-1} = y_{j-1}) = g_1^{(n-j)}(x_i | Y_1^{(n-j)} < y_{j-1}) = \frac{(N-j) \times f(x_i) \times F(x_i)^{N-j-1}}{F(y_{j-1})^{N-j}}$$

Obtém-se:

$$\lambda_k'(x_i) = \frac{(N-k) \times f(x_i) \times F(x_i)^{N-k-1} \times F(y_{k-1})^{N-k}}{F(y_{k-1})^{N-k} \times F(x_i)^{N-k}} \times [\lambda_{k+1}(x_i) - \lambda_k(x_i)]$$

E, portanto:

$$\lambda_k'(x_i) = \frac{(N-k) \times f(x_i)}{F(x_i)} \times [\lambda_{k+1}(x_i) - \lambda_k(x_i)]$$

$$\lambda_k'(x_i) \times F(x_i) = (N-k) \times f(x_i) \times [\lambda_{k+1}(x_i) - \lambda_k(x_i)]$$

$$\lambda_k'(x_i) \times F(x_i) = (N-k) \times [f(x_i) \times \lambda_{k+1}(x_i) - f(x_i) \times \lambda_k(x_i)]$$

$$\lambda_k'(x_i) \times F(x_i) + (N-k) \times f(x_i) \times \lambda_k(x_i) = (N-k) \times f(x_i) \times \lambda_{k+1}(x_i)$$

De forma equivalente:

$$\frac{d}{dx} [F(x_i)^{N-k} \times \lambda_k(x_i)] = (N-k) \times f(x_i) \times \lambda_{k+1}(x_i) \times F(x_i)^{N-k-1}$$

Desta maneira:

$$d[F(x_i)^{N-k} \times \lambda_k(x_i)] = [(N-k) \times f(x_i) \times \lambda_{k+1}(x_i) \times F(x_i)^{N-k-1}] dx$$

Integrando os dois lados (no intervalo de 0 a x_i):

$$\int_0^{x_i} d[F(x_i)^{N-k} \times \lambda_k(x_i)] = \int_0^{x_i} [(N-k) \times f(y) \times \lambda_{k+1}(y) \times F(y)^{N-k-1}] dy$$

Como $\lambda_k(0) = 0$:

$$F(x_i)^{N-k} \times \lambda_k(x_i) = \int_0^{x_i} [(N-k) \times f(y) \times \lambda_{k+1}(y) \times F(y)^{N-k-1}] dy$$

Mas:

$$(N-k) \times f(y) \times F(y)^{N-k-1} = \frac{d(F(y)^{N-k})}{dy}$$

Portanto:

$$F(x_i)^{N-k} \times \lambda_k(x_i) = \int_0^{x_i} \lambda_{k+1}(y) d(F(y)^{N-k})$$

E:

$$\lambda_k(x_i) = \frac{1}{F(x_i)^{N-k}} \int_0^{x_i} \lambda_{k+1}(y) d(F(y)^{N-k}) = E \left[\lambda_{k+1}(Y_1^{(n-k)}) \mid Y_1^{(n-k)} < x_i \right]$$

Ou ainda:

$$\lambda_k(x_i) = E[\lambda_{k+1}(Y_k) \mid Y_k < x_i < Y_{k-1}]$$

Utilizando a expressão obtida para $\lambda_k(x_i)$ no penúltimo período:

$$\lambda_{K-1}(x_i) = E[\lambda_K(Y_{K-1}) \mid Y_{K-1} < x_i < Y_{K-2}]$$

Como os resultados anteriormente obtidos para o último período fornecem $\lambda_K(x_i) = E[Y_K \mid Y_K < x_i < Y_{K-1}]$, tem-se:

$$\lambda_K(Y_{K-1}) = E[Y_K \mid Y_K < Y_{K-1}]$$

Logo:

$$\lambda_{K-1}(x_i) = E[E[Y_K \mid Y_K < Y_{K-1}] \mid Y_{K-1} < x_i < Y_{K-2}]$$

E, portanto:

$$\lambda_{K-1}(x_i) = E[Y_K \mid Y_{K-1} < x_i < Y_{K-2}]$$

Procedendo de forma similar, recursivamente, para os períodos anteriores, obtemos, de forma geral:

$$\lambda_k(x_i) = E[\lambda_{k+1}(Y_k) \mid Y_k < x_i < Y_{k-1}]$$

$$\lambda_k(x_i) = E[E[Y_{k+1} \mid Y_{k+1} < Y_k] \mid Y_k < x_i < Y_{k-1}]$$

$$\lambda_k(x_i) = E[Y_{k+1} \mid Y_k < x_i < Y_{k-1}]$$

Logo, em qualquer Equilíbrio de Nash Bayesiano (ENB) simétrico, diferenciável e estritamente crescente do jogo, em que as distribuições dos valores dos competidores

são tais que a função objetivo de um participante obtida a partir de seu *payoff* esperado é estritamente côncava, as estratégias dos participantes terão o formato $\lambda_j^I(x_i) = E[Y_K | Y_j < x_i < Y_{j-1}]$.

Note que, novamente, $\lambda_k(x_i)$ independe dos valores de $y_1, \dots, y_{k-1}$, ou seja, o anúncio dos preços anteriores, adotado como premissa no modelo de referência, não altera a estratégia de equilíbrio para qualquer período j . ■

Contudo, a **Proposição 11.3** apenas nos diz que em um ENB simétrico, diferenciável e estritamente crescente do jogo, as estratégias dos participantes seguirão o formato apresentado. Resta ainda mostrar que, se todos os participantes jogam de acordo com $\lambda_j^I(\cdot)$, então é ótimo para um participante de valor x_i fazer um lance $b = \lambda_j^I(x_i)$.

Proposição 11.4: No Leilão Sequencial de Primeiro Preço o perfil de estratégias $\lambda_j^I(\cdot)$ definido por:

$$\lambda_j^I(x_i) = E[Y_K | Y_j < x_i < Y_{j-1}]$$

Corresponde a um ENB simétrico, diferenciável e estritamente crescente do jogo.

Demonstração:

Fixe um participante i qualquer (que atribui valor x_i a uma unidade do bem).

Começando novamente pelo último período ($j = K$), suponha que todos os demais competidores joguem de acordo com a estratégia $\lambda_j^I(\cdot) = \lambda_j(\cdot)$ e que, neste K -ésimo leilão, o participante i escolhe como lance $b = \lambda_K(z)$, ou seja, o lance que seria feito por um participante que tivesse o valor z .

Neste caso, i vencerá apenas se todos os demais competidores tiverem valores menores que z (dado que $\lambda_j(\cdot)$ é estritamente crescente no valor dos participantes) e seu *payoff* esperado será:

$$\Pi(z, x_i; y_1, \dots, y_{K-1}) = \text{prob}[z > Y_K | Y_1 = y_1, \dots, Y_{K-1} = y_{K-1}] \times (x_i - b)$$

$$\Pi(z, x_i; y_1, \dots, y_{K-1}) = G_K(z | Y_1 = y_1, \dots, Y_{K-1} = y_{K-1}) \times (x_i - b)$$

$$\Pi(z, x_i; y_1, \dots, y_{K-1}) = G_K(z | Y_1 = y_1, \dots, Y_{K-1} = y_{K-1}) \times x_i - G_K(z | Y_1 = y_1, \dots, Y_{K-1} = y_{K-1}) \times b$$

Mas, como visto anteriormente, tem-se a seguinte equivalência:

$$G_K^{(n-1)}(z | Y_1 = y_1, \dots, Y_{K-1} = y_{K-1}) = G_1^{(n-K)}(z | Y_1^{(n-K)} < y_{K-1}) = \frac{F(z)^{N-K}}{F(y_{K-1})^{N-K}}$$

Desta forma:

$$\Pi(z, x_i; y_1, \dots, y_{K-1}) = \frac{F(z)^{N-K}}{F(y_{K-1})^{N-K}} \times x_i - \frac{F(z)^{N-K}}{F(y_{K-1})^{N-K}} \times b$$

Substituindo b pela expressão de $\lambda_K(z)$:

$$\Pi(z, x_i; y_1, \dots, y_{K-1}) = \frac{F(z)^{N-K}}{F(y_{K-1})^{N-K}} \times x_i - \frac{F(z)^{N-K}}{F(y_{K-1})^{N-K}} \times \frac{1}{F(z)^{N-K}} \times \int_0^z y d(F(y)^{N-K})$$

E, portanto:

$$\Pi(z, x_i; y_1, \dots, y_{K-1}) = \frac{F(z)^{N-K}}{F(y_{K-1})^{N-K}} \times x_i - \frac{1}{F(y_{K-1})^{N-K}} \times \int_0^z y d(F(y)^{N-K})$$

Logo, tomando a diferença entre os *payoffs* que seriam obtidos com os lances $\lambda(x_i)$ e $\lambda(z)$:

$$\begin{aligned} \Delta\Pi &= \Pi(\lambda(x_i); x_i) - \Pi(\lambda(z); x_i) \\ \Delta\Pi &= \frac{F(x_i)^{N-K}}{F(y_{K-1})^{N-K}} \times x_i - \frac{1}{F(y_{K-1})^{N-K}} \times \int_0^{x_i} y d(F(y)^{N-K}) - \frac{F(z)^{N-K}}{F(y_{K-1})^{N-K}} \times x_i \\ &\quad + \frac{1}{F(y_{K-1})^{N-K}} \times \int_0^z y d(F(y)^{N-K}) \end{aligned}$$

Reorganizando a expressão:

$$\begin{aligned} \Delta\Pi &= \frac{x_i}{F(y_{K-1})^{N-K}} \times [F(x_i)^{N-K} - F(z)^{N-K}] - \frac{1}{F(y_{K-1})^{N-K}} \times \int_z^{x_i} y d(F(y)^{N-K}) \\ \Delta\Pi &= \frac{x_i}{F(y_{K-1})^{N-K}} \times \int_z^{x_i} d(F(y)^{N-K}) - \frac{1}{F(y_{K-1})^{N-K}} \times \int_z^{x_i} y d(F(y)^{N-K}) \end{aligned}$$

Por fim:

$$\Delta\Pi = \frac{1}{F(y_{K-1})^{N-K}} \times \int_z^{x_i} [x_i - y] d(F(y)^{N-K}) \geq 0$$

Mais uma vez, procedendo de forma similar, recursivamente, para os períodos anteriores, obtém-se o mesmo resultado para os leilões de cada uma das unidades.

∴ Se todos os demais competidores seguem a estratégia $\lambda_j(\cdot)$, um participante i com valor x_i não pode melhorar seu *payoff* desviando da estratégia de também jogar de acordo com $\lambda_j(\cdot)$, ou seja, de escolher como lance $b = \lambda(x_i)$. Logo, tem-se que a estratégia $\lambda_j(\cdot)$ corresponde a um equilíbrio simétrico do jogo. ■

Notamos então que, ao contrário da suposição inicial, nesta configuração de referência a estratégia obtida em equilíbrio não depende da revelação dos lances vencedores nos leilões anteriores.

Uma outra característica interessante desse equilíbrio é identificada ao observar que $\lambda_{j+1}^I(x_i) > \lambda_j^I(x_i) \forall j$. Ou seja, um participante que estava ativo no leilão j e não se sagrou vencedor, irá fazer um lance mais agressivo no leilão $j + 1$. A intuição por trás deste comportamento está na diminuição do número de unidades disponíveis conforme os leilões vão sendo realizados. Obviamente, em contrapartida a esses lances mais agressivos, verifica-se também que os participantes remanescentes possuem valores menores do que os valores dos vencedores nos leilões anteriores. Ao final, tem-se que os dois efeitos se compensam e, em equilíbrio, os preços não apresentam tendência, se comportando como um *martingale* (o preço esperado no leilão $j + 1$ corresponde ao preço realizado no leilão j).

Por fim, no que concerne à eficiência, como as estratégias de equilíbrio identificadas são funções crescentes nos valores dos participantes, as diversas unidades são vendidas em ordem decrescente de valor e são alocadas eficientemente.

Leilão Sequencial Aberto Ascendente

Uma vez obtidos os resultados para o Leilão Sequencial de Primeiro Preço, vamos utilizar estes para derivar, de forma indireta, as estratégias e resultados do Leilão Sequencial Aberto Ascendente.

Primeiramente consideramos, frente às hipóteses adotadas, a equivalência estratégica entre o Leilão de Segundo Preço e o Leilão Aberto Ascendente.

Observamos então que, para o modelo de referência, sendo $\lambda_j^{II}(x_i)$ um equilíbrio simétrico crescente do Leilão Sequencial de Segundo Preço, a alocação obtida também será eficiente, o que implicará na validade da equivalência de receitas entre esse formato e o Leilão Sequencial de Primeiro Preço.²³¹ Dessa forma, os pagamentos esperados nos dois leilões, para um determinado participante i de valor x_i , $m^I(x_i)$ e $m^{II}(x_i)$, também serão equivalentes.

No entanto, inicialmente a equivalência de receitas nos garante apenas a equivalências entre os pagamentos esperados totais. Definimos então os pagamentos

²³¹ Para maiores detalhes ver Weber (1983) ou Cap. 14 de Krishna (2010).

esperados de um participante i no j -ésimo leilão, em cada um dos formatos, por $m_j^I(x_i)$ e $m_j^{II}(x_i)$, o que nos fornece:

$$m^I(x_i) = \sum_{j=1}^K m_j^I(x_i)$$

$$m^{II}(x_i) = \sum_{j=1}^K m_j^{II}(x_i)$$

No último leilão, a informação disponível para todos os $N - K + 1$ participantes é a mesma nos dois formatos, sendo que, analisando especificamente este último período, o princípio da equivalência de receitas nos fornece que $m_K^I(x_i) = m_K^{II}(x_i)$. Procedendo recursivamente desta maneira, conseguimos estabelecer que $m_j^I(x_i) = m_j^{II}(x_i) \forall j$. Utilizamos então essa equivalência geral para demonstrar a próxima proposição.

Proposição 11.5: *Para o modelo de referência, o equilíbrio simétrico, diferenciável e estritamente crescente no Leilão Sequencial Aberto Ascendente é dado pela seguinte estratégia:*

$$\lambda_K^{II}(x_i) = x_i$$

$$\lambda_j^{II}(x_i) = \lambda_{j+1}^I(x_i) \quad \forall j < K$$

em que $\lambda_{j+1}^I(x_i)$ corresponde ao lance para a unidade $j + 1$ no equilíbrio do Leilão Sequencial de Primeiro Preço.

Demonstração:

Considere primeiro um Leilão Sequencial de Segundo Preço.

Fixe um participante i qualquer (que atribui valor x_i a uma unidade do bem).

Suponha que todos os demais competidores jogam de acordo com a estratégia $\lambda_j^{II}(\cdot)$.

De forma similar ao verificado para o Leilão Selado de Segundo Preço, em que fazer um lance igual ao seu próprio valor corresponde a uma estratégia fracamente dominante, no último período ($j = K$) do Leilão Sequencial de Segundo Preço obtém-se resultado idêntico²³² e, portanto:

$$\lambda_K^{II}(x_i) = x_i$$

²³² A demonstração nas duas situações é basicamente a mesma e por isso nos abstermos de refazê-la novamente nesta etapa do trabalho. Em caso de eventuais dúvidas, consultar Cap. 2 de Krishna (2010) ou mesmo a Seção 3.3 na Parte I (sob a ótica de licitações).

Note então que, nos períodos anteriores, em que $j < K$, para que o participante i seja o vencedor no j -ésimo leilão, seu valor deve ser tal que:

$$Y_1 > \dots > Y_{j-1} > x_i > Y_j > \dots > Y_{K-1}$$

Neste caso, ele pagará o valor do segundo maior lance, dado por $\lambda_j^{II}(Y_j)$, e seu pagamento esperado será:

$$m_j^{II}(x_i) = \text{prob}[Y_{j-1} > x_i > Y_j] \times E[\lambda_j^{II}(Y_j) \mid Y_{j-1} > x_i > Y_j]$$

No caso de Leilão Sequencial de Primeiro Preço, em que o pagamento corresponde ao lance realizado, seu pagamento esperado seria:

$$m_j^I(x_i) = \text{prob}[Y_{j-1} > x_i > Y_j] \times \lambda_j^I(x_i)$$

Mas, conforme resultado obtido na **Proposição 11.3**, $\lambda_j^I(x_i) = E[Y_K \mid Y_j < x_i < Y_{j-1}]$, logo:

$$\begin{aligned} \lambda_j^I(x_i) &= E[Y_K \mid Y_j < x_i < Y_{j-1}] \\ \lambda_j^I(x_i) &= E[E[Y_K \mid Y_{j+1} < Y_j] \mid Y_j < x_i < Y_{j-1}] \\ \lambda_j^I(x_i) &= E[\lambda_{j+1}^I(Y_j) \mid Y_j < x_i < Y_{j-1}] \end{aligned}$$

Sendo assim, como os pagamentos esperados para os dois formatos são iguais:

$$\text{prob}[Y_{j-1} > x_i > Y_j] \times E[\lambda_j^{II}(Y_j) \mid Y_{j-1} > x_i > Y_j] = \text{prob}[Y_{j-1} > x_i > Y_j] \times E[\lambda_{j+1}^I(Y_j) \mid Y_j < x_i < Y_{j-1}]$$

Portanto, diferenciando os dois lados da equação em relação à x , obtém-se:

$$\lambda_j^{II}(x_i) = \lambda_{j+1}^I(x_i)$$

Uma vez que, para as hipóteses adotadas no modelo de referência, o Leilão de Segundo Preço e o Leilão Aberto Ascendente são estrategicamente equivalentes, os resultados acima obtidos valem também para este último.

Logo, a estratégia dada por $\lambda_K^{II}(x_i) = x_i$ e $\lambda_j^{II}(x_i) = \lambda_{j+1}^I(x_i) \quad \forall j < K$ corresponde ao equilíbrio simétrico do Leilão Sequencial Aberto Ascendente. ■

Novamente, trata-se de um mecanismo que não depende do anúncio dos resultados anteriores e que proporciona resultados eficientes.

Cabe ressaltar que, considerando as premissas do modelo de referência, a equivalência de receita e os resultados eficientes aqui apresentados são válidos também para os formatos tradicionais de Leilões Simultâneos. Desta forma, sob tais

hipóteses, não haveria diferença entre os resultados a serem alcançados a partir das distintas abordagens (leilões sequenciais e leilões simultâneos).²³³

Weber (1983) mostra que estes resultados continuam válidos, inclusive, ao relaxar algumas das hipóteses básicas do modelo como, por exemplo, tornando o número total de participantes desconhecido para todos os competidores ou mesmo desconsiderando a hipótese de valores privados (mas mantendo a premissa de valores independentes e assumindo um tipo de simetria obtida a partir de funções de valoração idênticas para todos os participantes).

Valores Interdependentes e Afiliados

Apesar dos bons resultados obtidos para os Leilões Sequenciais Abertos Ascendentes a partir do modelo de referência, provavelmente o cenário esperado para o Leilão de Margem de Escoamento se afastará das premissas básicas inicialmente consideradas, tendo-se em uma hipótese de valores interdependentes afiliados um cenário mais realista (conforme detalhado na Subseção 11.3.3).²³⁴

Desta forma, nos indagamos imediatamente se os resultados anteriores, referentes a equivalência de receitas e eficiência, permanecem válidos em tal situação ou, caso contrário, se algum resultado geral pode ser obtido.

A primeira resposta para essas indagações pode ser obtida em Weber (1983), no qual se verifica que, em uma situação de valores afiliados, mesmo em um cenário de demanda unitária e unidades idênticas, os resultados anteriormente obtidos deixam de ser válidos. Uma forma clara de perceber as mudanças advindas da existência da interdependência entre os valores é notando que, ao contrário do que ocorria previamente, as informações reveladas nos períodos anteriores passam a ser relevantes nas estratégias dos participantes. Para verificar como as análises se tornam mais complexas em tal situação, basta notar que um participante poderia, por exemplo, fazer lances mais baixos em leilões iniciais com o intuito de influenciar a estimativa dos demais competidores em relação ao valor do bem, o que poderia permitir sua vitória, em leilões posteriores, a preços menores.

Apesar dos resultados negativos acima indicados, a resposta para a segunda indagação é positiva, com a possibilidade de obtenção de alguns resultados gerais em situações de valores afiliados com demandas unitárias e unidades idênticas.

²³³ Ver Weber (1983) e Klemperer (1999).

²³⁴ Para este cenário de valores interdependentes afiliados, consideramos aqui como referência o mesmo modelo simétrico apresentado na Subseção 11.3.3.2.

Esses resultados, que se relacionam, especificamente, com a comparação de receitas, são apresentados em Milgron e Weber (1999) e indicam que:

- i. Os leilões sequenciais de primeiro preço geralmente proporcionam receitas maiores que os leilões simultâneos de preço discriminatório;
- ii. Os leilões sequenciais abertos ascendentes e os leilões sequenciais de segundo preço geralmente proporcionam receitas maiores que os leilões simultâneos de preço uniforme.

Portanto, no que concerne à receita do leiloeiro, diante da hipótese de valores interdependentes e afiliados, em um modelo simétrico de demandas unitárias e unidades idênticas, verifica-se resultados que, de certa forma, ainda se mostram favoráveis a adoção de leilões sequenciais.

Conclusões

Diante dos resultados obtidos para abordagens sequenciais em cenários de demanda unitária e unidades idênticas e, considerando o exposto anteriormente, incluindo as especificidades que envolvem o procedimento, seus principais objetivos e a preferência por uma solução simples²³⁵, conclui-se pela adoção de Leilões Sequenciais.²³⁶

Neste caso, considerou-se um procedimento que seria sequencial nos anos do horizonte de referência (em ordem crescente) e, dentro de cada ano, sequencial também nos barramentos habilitados (em ordem decrescente de concorrência²³⁷), com cada barramento sendo disponibilizado a partir de um leilão em formato aberto ascendente.

A definição prévia de uma ordem para disponibilização dos barramentos mitiga os riscos envolvidos no estabelecimento de ordens arbitrárias, como por exemplo, a possibilidade de ordenamentos de acordo com as preferências de algum empreendimento (o que aumenta a probabilidade de desvios, questionamentos ou mesmo judicializações). Inicialmente chegou-se a cogitar uma ordem definida

²³⁵ Conforme destacado em McAfee (2010), é importante para um leilão que será conduzido pela primeira vez ter um desenho simples e de fácil entendimento, caso contrário, poderá ser mal-entendido e levar a escolhas ruins e resultados ineficientes.

²³⁶ A opção por uma solução mais simples através de um Leilão Sequencial também teve a seu favor, especificamente para o certame a ser realizado em 2023, o tempo de desenvolvimento do software a ser utilizado, dado tratar-se de um dos caminhos críticos para a realização do procedimento de acordo com o cronograma inicialmente previsto.

²³⁷ Critério de concorrência para os barramentos: Demanda por Margem / Oferta de Margem (com devidas randomizações em caso de empates).

aleatoriamente no momento do leilão. Contudo, concluiu-se que o estabelecimento de uma ordem específica, a partir de um critério simples e claro, e antes do início de qualquer atividade relacionada ao certame, resolveria o problema e, adicionalmente, permitiria estabelecer algo que favorecesse a dinâmica do leilão. Foi feita então a escolha por uma ordem decrescente de concorrência, em que os barramentos mais concorridos iriam a leilão primeiro, almejando-se com essa opção uma maior competição ao longo do certame e, conseqüentemente, a possibilidade de ganhos de eficiência nos resultados (incluindo a maximização do uso da rede)²³⁸.

11.4.1.5 Operacionalização dos Leilões Sequenciais

A proposta de um procedimento sequencial nos anos do horizonte de referência e, dentro de cada ano, sequencial também por barramentos habilitados, apresenta um ponto de atenção relevante: dependendo da quantidade de margem e barramentos a serem disponibilizados no leilão, o procedimento pode se tornar muito longo.²³⁹

Para verificar esse aspecto, realizou-se uma análise adotando como referência as margens disponibilizadas para o ano de 2027 no Leilão de Energia Nova A-5 realizado em 2022.²⁴⁰ Os detalhes desta análise são apresentados no Apêndice 14.6, sendo que seus resultados indicam a possibilidade de realização de até 139 leilões sequenciais para um único ano a ser ofertado (122 barramentos, 15 restrições de subárea e 2 restrições de área), o que de fato pode tornar o procedimento demasiadamente longo. E, tratando-se de um procedimento novo, inicialmente não se tem qualquer estimativa razoável para o tempo de convergência dos leilões em cada barramento, o que torna a preocupação, neste primeiro momento, ainda mais justificada.

Portanto, a preocupação inicial relacionada ao tempo de duração do procedimento acabou se materializando e, diante de tal situação, diversas alternativas passaram a ser analisadas, com as principais sendo apresentadas na sequência.²⁴¹

²³⁸ A maior competição mencionada viria da possibilidade dos perdedores nos barramentos mais concorridos, que provavelmente estarão em maior número do que os perdedores nos barramentos menos concorridos, poderem concorrer pelos acessos subsequentes.

²³⁹ McAfee (2010) alerta que este é um problema recorrente em leilões sequenciais.

²⁴⁰ A escolha do LEN A-5/2022 como referência baseou-se na informação do ONS de que 2027 seria o primeiro ano no horizonte vigente do PAR com um maior volume de margens a ser disponibilizada. Para detalhes destes quantitativos ver ONS (2022b).

²⁴¹ As propostas apresentadas nasceram de diversas reuniões e discussões com as principais entidades do setor, com destaque para ONS, ANEEL, EPE e CCEE, assim como algumas associações de geradores. Obviamente, diversas outras alternativas seriam possíveis (e algumas até chegaram a ser pensadas em algum momento), mas optou-se por listar aqui apenas aquelas que de fato chegaram a ser cogitadas e que, conseqüentemente, foram abordadas em maiores detalhes.

Ressalta-se que, com exceção das Propostas 2 e 8, todas as demais alternativas mantêm para os leilões individuais dos barramentos a opção por um formato aberto ascendente.

- i. Proposta 1: Manter o desenho da proposta original em sua integralidade, mas dividindo a realização do procedimento em diferentes dias, de acordo com os subsistemas do SIN (e, se necessário, dividindo também os subsistemas em grupos de estados mais correlacionados).
- ii. Proposta 2: Modificar a proposta original a partir da adoção de um formato aberto descendente para os leilões dos barramentos. Essa alteração evitaria rodadas adicionais para restrições de área e subárea²⁴², uma vez que trata-se de um formato em que a predisposição a pagar dos participantes é revelada.
- iii. Proposta 3: Adotar para a sistemática uma solução baseada em leilões simultâneos, com todos os participantes podendo realizar lances em qualquer barramento habilitado para o certame.
- iv. Proposta 4: Proposta similar à anterior, baseada também na adoção de leilões simultâneos, mas com o escopo de participação de cada competidor restrito aos barramentos previamente indicados por ele (ou seja, cada participante poderia dar lances apenas nos barramentos que indicou na etapa de cálculo de margens).²⁴³
- v. Proposta 5: Corresponde a uma simplificação da proposta inicialmente concebida em que, após os participantes indicarem seus barramentos de interesse e o ONS divulgar as margens disponíveis para o certame, cada participante escolhe, para cada ano no horizonte de referência, um único barramento preferencial, ficando sua participação no leilão restrita a essas escolhas.
- vi. Proposta 6: Proposta idêntica à anterior, alterando apenas a regra para os lances a serem realizados, permitindo aos participantes realizarem incrementos superiores ao incremento mínimo pré-estabelecido.
- vii. Proposta 7: Trata-se de proposta similar à Proposta 5, mas ainda mais simplificada, com cada participante escolhendo um único barramento

²⁴² Maiores detalhes sobre as restrições de área e subárea, bem como suas consequências para o desenho proposto, são apresentados na Subseção 11.4.2.6.

²⁴³ Trata-se de proposta similar à que foi apresentada em ABBEólica/Volt (2022).

preferencial válido para todos os anos no horizonte de referência, ficando sua participação no leilão restrita a essa escolha.

- viii. Proposta 8: Modificar por completo o desenho da proposta original, adotando um Leilão Selado de Primeiro Preço em que cada participante poderia concorrer apenas em um único barramento de sua preferência.

As propostas acima encontram-se dispostas, de certa forma, em ordem decrescente de tempo estimado para duração, com as alternativas mais avançadas sendo aquelas que permitiriam a realização do procedimento dentro de um intervalo de tempo mais exíguo. No entanto, essa redução na duração do certame vem ao custo de uma redução potencial na eficiência dos resultados e/ou um aumento na complexidade.

A opção recomendada inicialmente, em linha com os resultados obtidos nas seções anteriores, consistia na manutenção do desenho original, com a realização das divisões sugeridas na proposta 1. Todavia, trata-se de uma solução que implicaria em um procedimento intervalado e com duração mais longa, sendo este um aspecto que gera resistência no setor (ainda que seja tema pacífico em outros países, conforme será exposto na Subseção 11.4.2.4). Desta maneira, a proposta 1 foi descartada em consenso pelas entidades envolvidas, uma vez que desviaria significativamente do usualmente adotado nos leilões do SEB, trazendo, portanto, uma mudança de paradigma muita grande.

Contudo, diante do cenário de elevada competição previsto (ao menos para os primeiros Leilões de Margem), cabe destacar que a perda potencial de eficiência anteriormente mencionada, no caso de algumas propostas, poderia ser menos significativa. Haveria, portanto, a possibilidade de acomodar algumas modificações, sem muitos prejuízos em relação ao desenho original, de forma a reduzir o tempo de duração previsto e tornar a realização do procedimento factível para as entidades responsáveis. Deste modo, analisou-se cada uma das alternativas restantes, procurando selecionar aquelas que melhor se adequassem à busca por uma redução no tempo de duração do procedimento, mas com menores impactos nos objetivos almejados pelo desenho originalmente proposto.

A proposta 2 foi rejeitada baseando-se na mesma justificativa apresentada para a descartar a proposta 1, pois o ganho de tempo decorrente da alteração sugerida não seria significativo frente aos cenários vislumbrados (o número de barramentos

continua sendo um fator mais relevante do que as restrições de área e subárea). Além disso, essa alternativa abandonaria o formato aberto ascendente e, por conseguinte, todos os atributos desejados com essa opção.

As propostas 3 e 4 foram descartadas pelos motivos anteriormente já expostos na Subseção 11.4.1.3. Em resumo, a complexidade que trariam ao procedimento, amplificada ao tratar-se de algo novo para o setor, não compensaria os eventuais benefícios em relação a redução de tempo do procedimento.

A alternativa 6 é muito semelhante a proposta 5, tendo sido considerada porque, em tese, a possibilidade dos participantes realizarem incrementos superiores aos mínimos pré-estabelecidos poderia acelerar a duração do certame. No entanto, modelo similar é utilizado nos leilões de energia e a experiência tem mostrado que os incrementos realizados são sempre iguais ao mínimo. Esse comportamento, a princípio, se deve ao fato dos participantes não possuírem maiores incentivos, além de uma possível sinalização e dissuasão da competição²⁴⁴ (que em um cenário de grande concorrência seria menos efetiva), para realizar lances maiores e arriscar “deixar dinheiro na mesa” desnecessariamente.²⁴⁵

McAfee e McMillan (1996) apresentam análise e resultados nesta mesma direção, obtidos a partir dos leilões realizados pela Federal Communication Commission (FCC) e mostrando que, apesar de identificarem a presença de *jump bidding* nos primeiros leilões, este tipo de lance não foi determinante nos resultados e ao final a convergência foi alcançada de forma lenta e gradual. Nos leilões seguintes os participantes teriam compreendido a ineficácia dessa estratégia e praticamente a abandonaram, passando a fazer lances de acordo com os incrementos mínimos estabelecidos. Binmore e Klemperer (2002) também reforçam esse entendimento a partir de argumentos similares, indicando que em certos contextos nunca seria ótimo para um participante realizar incrementos superiores ao mínimo. Ou seja, na prática a otimização de tempo advinda dessa solução não seria relevante e, portanto, em prol

²⁴⁴ Trata-se do chamado *jump bidding*, em que os incrementos são expressivamente superiores aos incrementos mínimos, e cujo objetivo seria sinalizar a disposição do competidor em relação a determinado item, tentando assim dissuadir os demais participantes de competir no item em questão.

²⁴⁵ Outra situação em que a presença de *jump bidding* também deve ser esperada diz respeito a cenários em que existem custos relevantes envolvidos na realização dos lances (ou então no tempo de espera para encerramento do leilão). Ver Klemperer (1999) para alguns exemplos de equilíbrios envolvendo *jump bidding* em modelos de valores privados independentes, assim como em situações de valores afiliados.

da maior simplicidade da proposta 5 frente a resultados similares, descartou-se também a sexta alternativa.

Por fim, a proposta 8 foi rejeitada por exigir o abandono de todos os atributos que justificaram a opção por um leilão aberto ascendente.

Restaram então as propostas 5 e 7, com a primeira destas sendo a escolhida. Essa opção se fundamentou na maior flexibilidade proporcionada pela alternativa, no que diz respeito à escolha dos barramentos em cada um dos anos no horizonte de referência, o que pode gerar ganhos de eficiência para o procedimento²⁴⁶, sem contudo implicar em aumento relevante em seu tempo de duração (os acréscimos consistirão unicamente nos intervalos a serem considerados entre a oferta dos diferentes anos, conforme descrito na Subseção 11.4.2.1). Adicionalmente, e conforme desejado, o ponto de atenção relativo ao tempo de duração do procedimento fica devidamente mitigado, uma vez que todos os barramentos habilitados para cada ano do horizonte de referência serão leiloados simultaneamente (mas com cada competidor participando apenas em seu barramento de escolha).

Em resumo, a proposta consolidada consiste em um procedimento no qual, após os participantes indicarem previamente (durante uma etapa de cadastramento) seus barramentos de interesse, para fins de cálculo de margens, e o ONS realizar os cálculos necessários, com a respectiva divulgação dos barramentos habilitados, cada participante escolhe, antes do início dos leilões para cada ano a ser disponibilizado no procedimento, um único barramento preferencial no qual irá concorrer pela margem disponível.²⁴⁷ Para os leilões de cada barramento é mantida a opção por um formato aberto ascendente.

11.4.2 Detalhamento da Sistemática

O detalhamento do procedimento proposto é apresentado nas subseções seguintes, ressaltando que a aplicação prática deste trabalho acarretou a necessidade

²⁴⁶ Nesta opção, a escolha do barramento de preferência para o leilão referente ao ano seguinte leva em consideração os resultados e informações reveladas pelo leilão referente ao ano anterior. E, além dessa revelação de informações, a escolha prévia de um único barramento eliminaria a possibilidade dos participantes concorrerem em barramentos distintos, nos leilões para os anos seguintes, mesmo que as margens de seus barramentos de escolha tivessem sido esgotadas nos leilões referentes aos anos anteriores.

²⁴⁷ Esta abordagem em que a escolha do barramento é realizada após a divulgação dos cálculos do ONS e, posteriormente, após os resultados dos leilões de cada ano ofertado, elimina um problema recorrente nos leilões do setor (e muito abordado pelos agentes envolvidos). Trata-se da necessidade de indicar um barramento de interesse previamente aos leilões, para apenas depois descobrir se este possui alguma margem disponível (sendo que, caso não possua, o participante fica fora do leilão).

de especificar detalhes cuja definição, apesar de algumas vezes não ter relação direta com aspectos econômicos, é importante para a implementação do Leilão de Margem de Escoamento, assim como para o desenvolvimento do sistema em que o leilão será realizado (sendo estes detalhes apresentados em sua totalidade na sequência).

Para alguns destes detalhes, o caráter inovador da proposta implica ainda na falta de experiência prévia específica, cujos dados permitiriam estimar o efeito de determinadas escolhas ou mesmo avaliar resultados anteriores. Sendo assim, a definição de alguns itens fundamentou-se essencialmente no conhecimento obtido a partir dos outros leilões do setor, com sua definição tendo, em alguns momentos, um caráter de certa forma discricionário. Contudo, sempre que possível, buscou-se também algum tipo de referência na literatura ou experiência internacional, de forma a fundamentar as escolhas e atenuar eventuais discricionariedades.

11.4.2.1 Diferentes Produtos

O procedimento deverá contemplar as margens disponíveis para todo os anos no horizonte do PAR vigente, com cada ano constituindo um produto específico e cada produto sendo disponibilizado, sequencialmente, em ordem crescente.

Para cada um destes produtos (anos) a serem disponibilizados, serão ofertados, simultaneamente, através de Leilões Abertos Ascendentes, todos os barramentos habilitados para o procedimento, conforme escolhas prévias dos participantes e margens disponíveis divulgadas pelo ONS.

Em linha com McAfee et al. (2010), sugere-se a inclusão de um intervalo razoável entre a disponibilização de cada produto, para que os participantes tenham tempo de assimilar os resultados do produto anterior e, caso necessário, rever suas estratégias. Essa opção aumenta a possibilidade de realização de boas escolhas e, conseqüentemente, de resultados mais eficientes.

A escolha deste intervalo de tempo não possui um critério específico, sendo que quanto mais longo, maior o tempo para análises e ações necessárias por parte dos envolvidos (o que tende a melhorar os resultados finais), mas também mais longa a duração do procedimento (algo que as entidades responsáveis inicialmente desejam evitar), sendo, portanto, este o *trade-off* envolvido na escolha a ser realizada.²⁴⁸ Assim

²⁴⁸ Este intervalo acabou não sendo especificado nas portarias colocadas em Consulta Pública (CP), pois atentou-se para o ponto em questão posteriormente à abertura das CPs. Por esse motivo, não se trata de um item discutido com as entidades envolvidas e, conseqüentemente, não se estabelece aqui um valor específico.

como em outros aspectos compreendidos na especificação dos detalhes do leilão, o aprendizado a partir da realização dos certames permitirá uma melhor calibração deste item em possíveis realizações futuras.

11.4.2.2 Barramentos Habilitados

No ato de cadastramento a ser definido para o procedimento²⁴⁹, os participantes elegíveis poderão indicar até 3 (três)²⁵⁰ barramentos candidatos, para fins de cálculo das margens de escoamento a serem disponibilizadas no LME.

Em posse de tais indicações, o ONS irá calcular e divulgar as margens disponíveis nos barramentos candidatos, estando habilitados para o procedimento os barramentos indicados que possuem margem de escoamento remanescente e disponibilidade física para conexão.

11.4.2.3 Etapas do Procedimento Competitivo

Etapa Prévia

Independentemente das 3 (três) opções indicadas no ato de cadastramento, os empreendimentos poderão competir em qualquer barramento habilitado.

Para isso, antes do início da oferta de cada produto, haverá uma etapa prévia em que todos os participantes deverão escolher seu barramento preferencial no produto a ser disponibilizado. Feito isso, o participante poderá concorrer, no produto em questão, apenas em seu barramento preferencial de escolha.

Alguns detalhes importantes para o desenvolvimento dessa etapa no sistema do leilão são apresentados abaixo:

- A escolha do barramento preferencial será validada pelo sistema do leilão apenas se a potência do empreendimento for menor ou igual que margem de escoamento remanescente no barramento escolhido.
- Caso a escolha do barramento preferencial não seja validada pelo sistema (em função do disposto no item anterior), o participante poderá realizar nova escolha enquanto não se esgotar o “Tempo para Escolha de Barramento” determinado para a etapa prévia.
- No caso do participante, ao final, escolher um barramento cuja margem de escoamento remanescente seja inferior à potência do empreendimento, ou mesmo não realizar escolha alguma até o término

²⁴⁹ Ver Portaria nº 702/GM/MME, de 1º de Novembro de 2022.

²⁵⁰ A escolha deste número para as indicações foi apresentada e justificada na Subseção 11.4.1.2.

da etapa prévia, ele estará automaticamente desclassificado do produto em questão.

O “Tempo para Escolha de Barramento” na etapa prévia deve ser tal que todos os participantes tenham prazo suficiente para selecionar sua escolha de preferência (para o procedimento a ser realizado em 2023 o tempo proposto foi 5 (cinco) minutos²⁵¹).

Por fim, na etapa prévia de cada produto, devem ser disponibilizadas aos participantes as informações, atualizadas, referentes a margem de escoamento remanescente, em cada barramento habilitado, para o produto a ser disponibilizado na sequência (discriminadas por subsistemas do SIN). Também devem ser disponibilizados neste momento (quando aplicável), para cada um dos barramentos habilitados, os preços finais alcançados em seus leilões nos produtos anteriores. Esta última recomendação, em linha com os objetivos almejados com a adoção de um formato aberto, visa a revelação de informações acerca das valorações dos competidores (que, como discutido, se mostra relevante em cenários de valores interdependentes).

Leilões dos Barramentos

Uma vez que todos os participantes tenham escolhido seu barramento preferencial no produto (ou optado por não concorrer em nenhum barramento neste produto), serão realizados, simultaneamente, um leilão para cada barramento habilitado que tenha sido escolhido como barramento preferencial por algum participante.

Cada empreendimento poderá concorrer, única e exclusivamente, no barramento que tenha escolhido como preferencial para o produto corrente.

Os leilões para os barramentos de um determinado produto iniciarão apenas após o encerramento de todos os leilões do produto anterior, incluindo as rodadas adicionais necessárias para os casos com restrições de área e/ou subárea (para estas últimas, ver Subseção 11.4.2.6).

De acordo com o formato proposto, os leilões dos barramento serão realizados em etapa única, contínua e de valores ascendentes, na qual os participantes deverão indicar, dentro de um intervalo de tempo pré-estabelecido, sua permanência no certame aos preços correntes (em R\$/kW). Cada leilão continuará até que a demanda

²⁵¹ Ver Portaria nº 716/GM/MME, de 21 de Dezembro de 2022.

em seu barramento seja menor ou igual a sua margem de escoamento remanescente disponível.

No caso de um incremento de preços frustrar toda a demanda por margem em um barramento, seu leilão retornará ao preço corrente anterior e será encerrado, classificando os empreendimentos por ordem decrescente de potência e, caso persista algum empate, pela ordem cronológica de lance (no caso, ordem cronológica da sinalização de permanência na rodada anterior).

Após o encerramento do leilão de um barramento em determinado produto, existindo margem residual e não sendo aplicável o disposto no parágrafo anterior, esta margem deverá ser considerada no produto seguinte desse barramento (ver maiores detalhes na Subseção 11.4.2.11).

Em resumo, os leilões dos barramentos devem seguir o seguinte algoritmo²⁵²:

- Os preços serão expressos em Reais por kilowatt (R\$/kW).
- O sistema iniciará o leilão no preço inicial do barramento (conforme estabelecido na Subseção 11.4.2.7).
- Observando o “Tempo para Aceite dos Lances” (ver Subseção 11.4.2.9), os participantes deverão indicar sua permanência no leilão ao preço corrente:
 - i. Ao não indicar sua permanência no leilão ao preço corrente, dentro do “Tempo para Aceite dos Lances”, o participante estará automaticamente desclassificado do leilão para o produto em andamento;
 - ii. Um participante desclassificado em um leilão no produto corrente poderá voltar a participar do procedimento competitivo apenas no produto seguinte (quando houver);
 - iii. O participante expressará, ao indicar sua permanência no leilão, sua concordância com as condições e regimentos pertinentes ao número de vãos²⁵³ disponíveis no barramento (inclusive, quando for o caso, a concordância em, por sua conta

²⁵² O detalhamento completo desta sistemática pode ser encontrado no Anexo 15.1, em que consta a Minuta de Portaria SPE colocada em Consulta Pública pelo MME pela Portaria nº 716/GM/MME, de 21 de Dezembro de 2022.

²⁵³ Neste caso, para o leitor não habituado aos termos e nomenclaturas dos sistema elétrico, basta entender o número de vãos disponíveis como sendo o espaço físico livre para conexão no barramento. Ou seja, se o número de vãos for inferior ao número de vencedores do leilão, haverá necessidade de compartilhamento de conexão entre os empreendimentos vitoriosos.

e risco, utilizar Conexão Compartilhada, nos termos estabelecidos nas diretrizes do procedimento).

- Ao término do “Tempo para Aceite dos Lances”, caso a demanda no barramento, ao preço corrente, seja menor ou igual do que a margem de escoamento remanescente:
 - i. O sistema encerrará o leilão do barramento;
 - ii. Os participantes remanescente serão declarados os vencedores para o barramento;
 - iii. O preço final, a ser utilizado no cálculo do valor a ser pago pelos vencedores, corresponderá ao preço corrente no encerramento.
- Ao término do “Tempo para Aceite dos Lances”, caso a demanda no barramento, ao preço corrente, seja maior do que a margem de escoamento remanescente, o sistema calculará o novo preço corrente a partir do critério para incremento de preços (ver Subseção 11.4.2.8).
- A cada incremento de preços, o sistema reiniciará o “Tempo para Aceite dos Lances”.
- O leilão continuará, conforme disposto nos quatro itens anteriores, até que a demanda no barramento seja menor ou igual a sua margem de escoamento remanescente.
- No caso de um incremento de preços frustrar toda a demanda por margem no barramento, o sistema retornará ao preço corrente anterior e:
 - i. Encerrará o leilão do barramento;
 - ii. Classificará os empreendimentos por ordem decrescente de potência e, caso persista algum empate, pela ordem cronológica da sinalização de permanência na rodada anterior;
 - iii. Os participantes melhores colocados, conforme classificação disposta no item (ii), que preencham a margem de escoamento remanescente disponível, serão declarados os vencedores para o barramento;
 - iv. O preço final, a ser utilizado no cálculo do valor a ser pago pelos vencedores, corresponderá ao preço corrente no encerramento.

11.4.2.4 Tempo de Duração do Procedimento

Em oposição ao usualmente adotado no Brasil para os leilões do setor de energia, para o Leilão de Margem de Escoamento foi sugerido que, uma vez iniciado o procedimento, não deve haver um prazo pré-estabelecido para o seu encerramento.

Além de corresponder a uma boa prática para leilões em geral, de forma que o certame se encerre apenas quando existir uma convergência nos preços finais, este item se torna particularmente relevante neste caso, que trata de um procedimento novo, para o qual os participantes, incluindo a entidade responsável pela realização, não possuem informações prévias sobre o real valor do bem que está sendo leiloado.

Considerando essa diretriz, assim como a sistemática proposta, também foi incluída no regramento do leilão a possibilidade de interrupção de uma seção, com retorno posterior, caso o procedimento se estenda para além de um tempo de duração inicialmente previsto (trata-se de mais uma característica que contraria as práticas habituais no setor).

Cabe destacar que, ao contrário da visão predominante no SEB, na qual os leilões devem ser rápidos, sem intervalos e impreterivelmente iniciar e acabar no mesmo dia²⁵⁴, práticas que contrariam essas características, como as acima indicadas, são não apenas adotadas em diversos leilões realizados em outras localidades, como muitas vezes são inclusive recomendadas.²⁵⁵

Dependendo do nível de complexidade das decisões a serem tomadas, pode ser importante dar tempo suficiente aos participantes para processar as informações reveladas, rever suas análises e até mesmo consultar suas instâncias superiores. Deste modo, uma duração mais longa pode, em certas situações, inclusive proporcionar melhores resultados em termos de receita e eficiência.²⁵⁶

²⁵⁴ A percepção inicial do autor em relação a esse aspecto foi confirmada durante a realização dos trabalhos no MME, com todas as propostas que contrariavam algum destes pontos enfrentando sempre grandes resistências.

²⁵⁵ Ver McMillan (1995) para alguns exemplos, assim como Binmore e Klemperer (2002), que apresentam o desenho proposto para o leilão de 3G no Reino Unido, em que, dentre outros, cada participante tinha o direito de solicitar dois “recessos” ao longo do certame, com cada “recesso” solicitado implicando na paralização do procedimento por um dia inteiro. Neste caso específico, o leilão durou aproximadamente 2 meses e reporta-se que o arranjo com recessos funcionou bem, permitindo inclusive que os participantes tivessem tempo para fazer consultas aos seus respectivos financiadores.

²⁵⁶ Cramton (1998) apresenta os resultados de leilão promovido pela FCC em 1997, destacando que os intervalos no certame permitiram, dentre outros, que alguns participantes buscassem maior financiamento para fazer frente ao nível de preços alcançado no leilão. Ou seja, trata-se de uma situação em que essa configuração permitiu, inclusive, mitigar questões relacionadas a restrições orçamentárias dos participantes. Aliás, este exemplo é particularmente interessante em termos de tempo de duração do procedimento, uma vez que o leilão durou um total de 5 meses (um enorme

11.4.2.5 Informações Reveladas

Outra proposta que difere do que normalmente se adota no setor diz respeito às informações que deverão ser disponibilizadas aos participantes durante a realização dos leilões.

Além do Preço Inicial e Preço Corrente, que usualmente são disponibilizados nos leilões do setor de energia, para o Leilão de Margem sugeriu-se ainda a disponibilização das seguintes informações:

- i. Número de participantes remanescentes na rodada corrente (mantendo anônima a identificação dos empreendimentos);
- ii. Potência total dos participantes remanescentes na rodada corrente (mantendo anônima a identificação dos empreendimentos);
- iii. Existência de restrições de subárea para o barramento do leilão;
- iv. Existência de restrições de área para o barramento do leilão;
- v. Existência de número de vãos inferior ao número de participantes remanescentes na rodada corrente para o barramento do leilão;
- vi. Margem de Escoamento Remanescente disponível para o barramento antes do início do leilão.

No caso dos itens (i) e (ii), a apresentação de tais dados está diretamente associada ao formato aberto escolhido para o leilão e aos resultados desejados com essa opção. Note que, conforme indicado na Subseção 11.3.3.2, para o modelo de valores afiliados simétrico adotado como referência, a informação relevante a ser disponibilizada se relaciona apenas ao número de participantes ativos e aos preços em que os demais desistiram. Logo, neste cenário, pode-se manter a identificação dos participantes oculta, em linha com as medidas inicialmente propostas para mitigar o risco de conluio, sem impacto para os resultados almejados.

A apresentação dos itens (iii) e (iv) tem como intenção sinalizar aos participantes que, ao término do leilão em andamento, eles ainda não terão se sagrado vencedores, dado que, por estarem em uma área e/ou subárea com restrição, ainda precisarão passar por rodada(s) extra(s) (conforme detalhado na Subseção 11.4.2.6).

O item (v) sinaliza aos participantes a eventual existência, na rodada corrente, de número de vãos no barramento inferior ao número de participantes remanescentes.

contraste com o paradigma vigente no Brasil, em que um leilão de um dia inteiro já é considerado demasiadamente longo).

Nesta situação, caso o participante indique sua permanência no leilão, ele automaticamente expressa sua concordância com, quando for o caso, por sua conta e risco, utilizar conexão compartilhada.²⁵⁷

Por fim, a disponibilização do item (vi) diz respeito apenas ao fato deste ser o bem que está sendo leiloado (lembrando que os participantes já terão acesso a essa informação quando da divulgação do mapa de margens pelo ONS, assim como na etapa prévia antes de cada produto).

11.4.2.6 Restrições de Área e Subárea

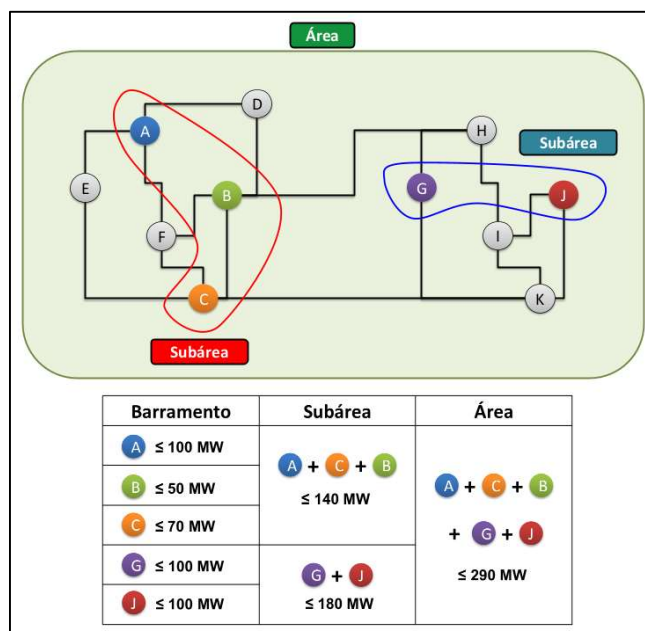
A interligação entre os barramentos no SIN, e os fluxos de potência resultantes destas interligações, podem gerar condições de escoamento mais restritivas do que as capacidades inicialmente atribuídas aos barramentos, dando origem às chamadas restrições de área e subárea. Isso ocorre quando a alocação de geração adicional, em determinado ponto do sistema, ocasiona algum tipo de violação de requisitos ou critérios pré-estabelecidos pelo ONS e EPE (conforme nota técnica elaborada conjuntamente pelas entidades e aprovada pelo MME).²⁵⁸

Para melhor ilustrar esse tipo de situação, a Figura 22 apresenta um exemplo hipotético de barramentos com restrições de área e subárea. Neste caso, os barramentos A, B e C, assim como os barramentos G e J, formam subáreas com condições de escoamento mais restritivas que a soma de suas capacidades individuais. Além disso, estas duas subáreas formam também uma área cuja capacidade de escoamento total é inferior ao montante individualmente atribuído a cada uma das subáreas envolvidas.

²⁵⁷ No caso do número de vãos disponíveis no barramento ser inferior ao número de vencedores do leilão, haverá necessidade de compartilhamento de conexão entre os empreendimentos vitoriosos.

²⁵⁸ Para maiores detalhes ver ONS (2022a).

Figura 22 – Exemplo de situação com restrições de Área e Subárea



Fonte: ONS (2017)

Essas restrições adicionais precisam ser devidamente consideradas no procedimento para a correta determinação dos vencedores. Nestes casos, a metodologia atualmente utilizada para essas situações nos Leilões de Energia, que consiste na classificação dos lances vencedores nos barramentos de cada subárea, por ordem crescente, até que a capacidade seja igual à capacidade da subárea (ou 1 empreendimento marginal menor, caso ultrapasse o total disponível) e, posteriormente, na classificação dos lances classificados de cada subárea, por ordem crescente, até que a capacidade seja igual à capacidade da área (ou 1 empreendimento marginal menor, caso ultrapasse o total disponível), não seria adequada ao formato idealizado para o Leilão de Margem de Escoamento.

Isto ocorre porque, em um formato aberto ascendente, os vencedores não revelam sua predisposição a pagar (o leilão se encerra no valor da predisposição a pagar do perdedor marginal). De tal maneira, a adoção da metodologia acima descrita pode, muito provavelmente, resultar em uma classificação final errada dos vencedores e, consequentemente, em uma alocação ineficiente das margens remanescentes.²⁵⁹

Em virtude do desenho proposto, os vencedores de barramentos pertencentes a uma subárea com restrição precisarão participar de um leilão adicional, concorrendo

²⁵⁹ Uma classificação realizada a partir da metodologia dos Leilões de Energia ordenaria os vencedores segundo os valores finais alcançados nos leilões de seus respectivos barramentos. Desta maneira, a alocação da margem seria realizada conforme os lances perdedores mais altos em cada um destes barramentos, e não de acordo com o valor atribuído pelos competidores vitoriosos.

entre si pela margem disponível na respectiva subárea. De forma similar, no caso de restrições adicionais de área, os vencedores de cada subárea envolvida participarão de um leilão adicional, com todos concorrendo entre si pela margem disponível na respectiva área.

Ainda que implique na necessidade de um maior número de leilões e, por conseguinte, em um maior tempo de duração para o procedimento, essa abordagem, ao permitir que um empreendimento, caso necessário, aumente seu lance para além do valor que o tornou vencedor em seu barramento (ou subárea), proporcionará os resultados adequados para os casos com condições de escoamento mais restritivas do que as capacidades inicialmente atribuídas aos barramentos.

11.4.2.7 Preço Inicial

Dada a escolha por um formato aberto ascendente, bem como a possibilidade de *pass-through* quando a oferta de margem for superior à demanda em determinado barramento (como será detalhado na Subseção 11.4.2.10), foi definido o valor de R\$0,00 por kW como preço inicial para os leilões de todos os barramentos. Essa escolha está aderente não apenas ao formato do leilão e ao mecanismo de *pass-through*, como também guarda alguma relação com as regras de acesso atualmente vigentes, em que os empreendimentos pagam apenas pelo uso da rede, sem qualquer custo extra pelo acesso.²⁶⁰

Outras alternativas em relação ao preço inicial, principalmente no intuito de diminuir o tempo de duração do procedimento, chegaram a ser cogitadas durante a elaboração do trabalho. Todavia, considerando a falta de maiores estudos em relação aos resultados que poderiam proporcionar, estas, a princípio, foram descartadas (ficando como possibilidades para estudos futuros).²⁶¹

As exceções em relação ao preço inicial acima proposto seriam os leilões adicionais a serem realizados por existência de condições mais restritivas que a restrição individual dos barramentos, conforme detalhado na Subseção 11.4.2.6. Nestes casos, a proposta inicial previa o seguinte:²⁶²

²⁶⁰ Para maiores detalhes ver discussão apresentada na Seção 11.2 sobre as restrições e resistências à adoção de pagamentos pelo acesso.

²⁶¹ Uma destas possibilidades seria a adoção de uma primeira etapa com um formato selado, algo como um Leilão de Qualificação, que eliminaria um determinado percentual dos participantes (por exemplo, os 10% piores colocados), e cujo menor lance dentre os classificados serviria como preço inicial para a fase aberta.

²⁶² Ver Portaria N° 716/GM/MME, de 21 de Dezembro de 2022.

- i. Para os leilões adicionais relacionados a restrições de subárea, o preço inicial seria o menor preço final obtido nos leilões dos barramentos envolvidos;
- ii. Para os leilões adicionais relacionados a restrições de área, o preço inicial seria o menor preço final obtido nos leilões das subáreas envolvidas.

No entanto, ao possibilitar que os vencedores de determinados barramentos (ou subáreas), com probabilidade positiva, não precisassem se comprometer com os preços alcançados em seus leilões prévios²⁶³, o critério inicialmente proposto pode gerar incentivos para realização de lances muito elevados, que superem inclusive o valor atribuído à margem pelo participante, podendo resultar, ao final, em ineficiências alocativas.²⁶⁴

Sendo assim, recomenda-se a alteração dessa proposta inicial, com a adoção de um critério em que os vencedores dos barramentos (ou subáreas) se comprometam com os preços alcançados em seus leilões prévios. Neste caso, a ideia principal consiste em não permitir que os participantes possam se tornar vencedores, nos leilões adicionais, com valores inferiores aos preços finais dos leilões de seus respectivos barramentos (ou subáreas), mas possibilitar que todos eles tenham a oportunidade de competir com eventuais lances superiores que estejam disputando a margem da mesma subárea (ou área).

Para isso, propõe-se que seja implementado um processo similar ao apresentado a seguir:

- Sejam $p_1, p_2, \dots, p_J$ os preços finais, ordenados em ordem crescente, dos J barramentos (ou subáreas) que irão fazer parte de um leilão adicional de subárea (ou área), com os vencedores destes J barramentos, que correspondem aos participantes que irão competir no leilão adicional em questão, sendo denominados como “*vencedores temporários*”.
- Inicia-se com o barramento (ou subárea) $j = 1$ (de preço final p_1):

²⁶³ A situação descrita ocorreria nos casos em que os preços dos barramentos (ou subáreas) em questão não seriam os menores valores do leilão adicional e, portanto, não constituiriam o preço inicial.

²⁶⁴ O autor agradece à Gustavo Cerqueira, Guilherme Zanetti e Thais Araújo, todos do MME, por terem alertado sobre os eventuais problemas em relação à proposta inicial, e também pelas produtivas discussões acerca do tema.

- i. Se a margem demandada por todos os “*vencedores temporários*” ainda restantes no procedimento for maior que a margem remanescente disponível na subárea (ou área), então:
- Se $j \neq J$ e $\sum_{i>j} MgD_i \geq MgR$ (com MgD_i sendo a margem demandada pelos “*vencedores temporários*” no barramento (ou subárea) i e MgR a margem remanescente disponível na subárea (ou área)), inicia-se leilão adicional com os “*vencedores temporários*” de j (os “*vencedores temporários*” dos barramentos $i > j$ permanecem em espera) e, enquanto $p_j \leq p_{j+1}$, são realizados incrementos de preço conforme critério definido na subseção 11.4.2.8.
 - Se, antes de $p_j = p_{j+1}$, todos os “*vencedores temporários*” de j desistirem, estes serão desclassificados e então retorna-se ao passo (i), mas agora com $j = j + 1$.
 - Se, quando $p_j = p_{j+1}$, algum “*vencedor temporário*” de j ainda estiver ativo, este será classificado para a próxima rodada e passará a ser um “*vencedor temporário*” de $j + 1$. Retorna-se então ao passo (i), mas agora com $j = j + 1$.
 - Se $j \neq J$ e $\sum_{i>j} MgD_i < MgR$, inicia-se leilão adicional com os “*vencedores temporários*” de j e são realizados incrementos de preço (conforme critério definido na subseção 11.4.2.8) até que $p_j = p_{j+1}$ (“*critério de preço*”) ou até que a margem demandada total (incluindo os “*vencedores temporários*” dos barramentos $i > j$ que permanecem em espera) seja menor ou igual à margem remanescente disponível (“*critério de potência*”), o que ocorrer primeiro.
 - Se os incrementos de preço forem paralisados em função do “*critério de potência*”, os “*vencedores temporários*” remanescentes ao

final deste processo, incluindo os “*vencedores temporários*” dos barramentos $i > j$ que estavam em espera, serão os vencedores finais do leilão adicional da subárea (ou área).

- Se os incrementos de preço forem paralisados em função do “*critério de preço*”, os “*vencedores temporários*” de j ainda ativos quando $p_j = p_{j+1}$ serão classificados para a próxima rodada e passarão a ser “*vencedores temporários*” de $j + 1$. Retorna-se então ao passo (i), mas agora com $j = j + 1$.
 - Se $j = J$, inicia-se leilão adicional com os “*vencedores temporários*” de j e são realizados incrementos de preço (conforme critério definido na subseção 11.4.2.8) até que a margem demandada seja menor ou igual à margem disponível. Os “*vencedores temporários*” remanescentes ao final deste processo serão os vencedores finais do leilão adicional da subárea (ou área).
- ii. Se a margem demandada por todos os “*vencedores temporários*” ainda restantes no procedimento for igual ou menor que a margem remanescente disponível na subárea (ou área), então:
- Os “*vencedores temporários*” remanescentes nesta etapa serão os vencedores finais do leilão adicional da subárea (ou área).

Caso o encerramento do processo ocorra em (i), com $j = J$, o preço final, a ser utilizado no cálculo do valor a ser pago pelos vencedores ou adotado como referência em um eventual leilão adicional subsequente, será o preço corrente ao término do leilão adicional. Quando o encerramento ocorrer em (i), mas pelo chamado “*critério de potência*”, o preço final para os vencedores nos barramentos (ou subáreas) $i > j$, que ficam aguardando e acabam não participando do leilão adicional, será o preço de seus respectivos leilões prévios, enquanto, para os vencedores determinados pelo “*critério*

de potência” em j , o preço final será o preço corrente ao término do leilão adicional. Por fim, se o encerramento ocorrer em (ii), em função da potência demandada pelos participantes ainda restantes no procedimento ser igual ou menor que a margem disponível, o preço final dos vencedores será o preço de seus respectivos leilões prévios.

11.4.2.8 Critério de Incremento de Preços

A definição sobre como proceder em relação ao incremento de preços envolveu, essencialmente, determinar um critério que não tornasse o certame longo demais, mas que ao mesmo tempo permitisse granularidade suficiente para que o mecanismo pudesse realizar ajustes finos (principalmente ao final do leilão). Ou seja, se os incrementos fossem muito pequenos, poderiam ser necessárias muitas rodadas para que se obtivesse uma convergência de preços e, consequentemente, o encerramento do leilão. Mas, se os incrementos fossem muito grandes, elevar-se-ia o risco do resultado final ser ineficiente (por exemplo, frustrando toda a demanda com um incremento muito elevado em etapas no final do leilão, fazendo ser necessário retornar ao preço anterior e alocar a margem pela ordem de potência dos empreendimentos).

Sendo assim, para todos os leilões do procedimento, incluindo aqueles relativos às restrições de área e subárea, definiu-se como critério, inicialmente, um incremento padrão de R\$1,00 por kW.

Cabe destacar que, apesar de parecer um incremento pequeno, tomando como referência os resultados do último LEN A-5 realizado em 2022²⁶⁵, especificamente para os empreendimentos de Geração Eólica e Fotovoltaica (que sabidamente serão os grandes participantes de um eventual Leilão de Margem de Escoamento), tem-se um potência média superior a 45 MW por empreendimento. Para esse valor de potência, o incremento padrão de R\$1,00 por kW corresponde a incrementos de R\$45.000,00, tratando-se assim de um valor razoável.²⁶⁶

Adicionalmente, visando a permitir uma melhor calibração do certame ao longo de sua realização, deixou-se aberta a possibilidade da entidade responsável alterar o

²⁶⁵ Disponível em: <https://www.ccee.org.br/web/guest/mercado/leilao-mercado>.

²⁶⁶ Neste caso, qualquer preocupação acerca do incremento corresponder a um valor elevado foi mitigada diante do argumento desenvolvido por Paul Milgrom e apresentado em McMillan et al. (2010). Esse argumento demonstra que incrementos elevados não possuem efeitos significativos na eficiência dos resultados, consistindo, inclusive, na melhor forma de acelerar o certame.

critério de incremento (mediante comunicação prévia a todos os participantes via sistema e conforme critérios pré-estabelecidos em edital). Tal opção permite aumentar o incremento de preços no início do certame, agilizando seu andamento quando ainda existir um maior número de participantes ativos, e diminuir ao final, permitindo a realização de um ajuste mais fino quando o número de participantes for menor (com estes podendo indicar, nesse momento, as pequenas diferenças no valor que atribuem ao bem).

Essa possibilidade foi inspirada nos primeiros leilões da FCC²⁶⁷ e no leilão de licenças 3G do Reino Unido²⁶⁸, que permitiram a alteração dos incrementos mínimos inicialmente determinados. No caso específico da FCC, posteriormente foram adotados critérios de incrementos percentuais fixos (como, por exemplo, de 10% no Leilão 95 de 2013²⁶⁹) e, mais recentemente, voltou-se a permitir a variação do incremento, mas dentro de um intervalo pré-definido (por exemplo, no Leilão 110, realizado 2022, adotou-se um incremento padrão de 10%, mas permitindo que esse valor fosse ajustado ao longo do certame dentro de um intervalo variando entre 5% e 20%²⁷⁰).

Ao longo do desenho do leilão, algumas possibilidades distintas foram aventadas também em relação a este item, com o objetivo principal de eliminar a discricionariedade atribuída à entidade responsável na alteração do critério de incremento. No entanto, novamente essas opções mais atípicas foram desconsideradas em função da falta de estudos em relação aos resultados que poderiam proporcionar (ficando como mais um item aberto para possíveis estudos futuros).²⁷¹

Em relação ao sistema a ser utilizado no leilão, uma das alternativas em análise²⁷², no intuito de tornar o processo menos custoso para os participantes,

²⁶⁷ Ver https://transition.fcc.gov/Bureaus/Wireless/Public_Notices/1994/pnwl4001.txt e McAfee et al. (2010).

²⁶⁸ Binmore e Klemperer (2002) relatam que no leilão do Reino Unido os incrementos foram ajustados ao longo do certame, levando-se em consideração as respostas e atividades dos participantes, caindo gradualmente de 5% até 1,5% (em que 5% era o teto previamente estabelecido).

²⁶⁹ Ver FCC (2013).

²⁷⁰ Ver FCC (2022).

²⁷¹ Neste caso, a principal ideia contemplada consistia na possibilidade de utilizar um critério variável e pré-determinado, que permitiria eliminar um maior número de participantes no início do leilão, assim como uma calibração mais fina ao final. O conceito básico envolvia uma fórmula para determinar o tamanho do incremento, recursivamente, através da quantidade de concorrência na rodada corrente e dos efeitos do incremento na rodada anterior (também em termos de concorrência).

²⁷² Trata-se de uma especificação a ser consolidada durante a etapa de desenvolvimento do sistema do leilão.

consiste em incluir uma opção para que os usuários, caso desejem, possam indicar um determinado valor até o qual o sistema aceitaria os lances automaticamente. Nessa configuração, o aceite manual seria necessário apenas a partir desse valor especificado, caso o leilão de fato o alcance, e após o recebimento de algum tipo de alerta.

11.4.2.9 Tempo para Aceite dos Lances

No tocante ao Tempo para Aceite dos Lances, a ideia foi determinar um valor que não tornasse o certame longo demais, mas que ainda assim proporcionasse tempo suficiente para que todos os participantes observassem os efeitos do incremento anterior e realizassem sua escolha (Aceite/Não Aceite).

Neste sentido, para todos os leilões do procedimento, incluindo os leilões adicionais relativos às restrições de área e subárea, estabeleceu-se, inicialmente, um Tempo para Aceite dos Lances de 1 (um) minuto.

No entanto, após o fechamento da Consulta Pública sobre a sistemática do procedimento²⁷³, verificou-se um grande número de contribuições apontando que o tempo de 1 (um) minuto seria muito curto. Sendo assim, sugere-se o incremento deste valor para algo entre 5 (cinco) e 10 (dez) minutos²⁷⁴, mas considerando uma regra adicional que permita o sistema avançar para a rodada seguinte caso todos os participantes remanescentes realizem o aceite do lance antes de findar o tempo limite. Tendo em vista as preocupações com o tempo de duração do certame, essa regra adicional tem como objetivo mitigar o impacto do incremento proposto e agilizar as rodadas sempre que possível (lembrando que, como o tempo de aceite constitui critério de desempate para determinadas situações, existe um incentivo para que os participantes realizem este aceite rapidamente).

Novamente, buscando permitir uma melhor calibração do certame ao longo de sua realização, deixou-se aberta a possibilidade da entidade responsável alterar este tempo durante o leilão (mediante comunicação prévia a todos os participantes via sistema e conforme critérios pré-estabelecidos em edital).

²⁷³ Ver “CONSULTA PÚBLICA Nº 148 DE 22/12/2022” disponível em:

<http://antigo.mme.gov.br/web/guest/servicos/consultas-publicas>.

²⁷⁴ A princípio não haveria maiores problemas em considerar tempos maiores do que os sugeridos. As restrições quanto aos valores para o Tempo para Aceite dos Lances estão relacionadas basicamente às preocupações com o tempo de duração do certame por parte das entidades envolvidas.

Adicionalmente, trata-se de mais um item cujo aprendizado com a realização dos primeiros leilões pode permitir, futuramente, a adoção de critérios distintos, conforme comportamentos e resultados observados na prática.

11.4.2.10 Pass-Through

Após a etapa prévia, em que os participantes escolhem seus barramentos preferenciais para o produto seguinte, caso existam barramentos cuja demanda por margem seja inferior à oferta, ou seja, inferior à margem de escoamento remanescente disponível, deverá ser adotado um mecanismo de *pass-through*. Nesta situação, o barramento em questão não será colocado em leilão e todos os participantes que o escolheram previamente garantem seu acesso ao preço inicial (no caso, R\$0,00 por kW).

Essa solução deixa o mecanismo proposto, nos casos em que a demanda por margem permanece inferior à oferta, em linha com a abordagem atualmente vigente, não estabelecendo qualquer tipo de cobrança pelo acesso ao SIN em tais situações. Além disso, trata-se de uma solução coerente com a lógica econômica que fundamenta o restante da proposta e que permite também simplificar a realização do procedimento (evitando que o sistema inicie leilões de barramentos para casos em que não haja necessidade).

11.4.2.11 Margem Residual por Barramento

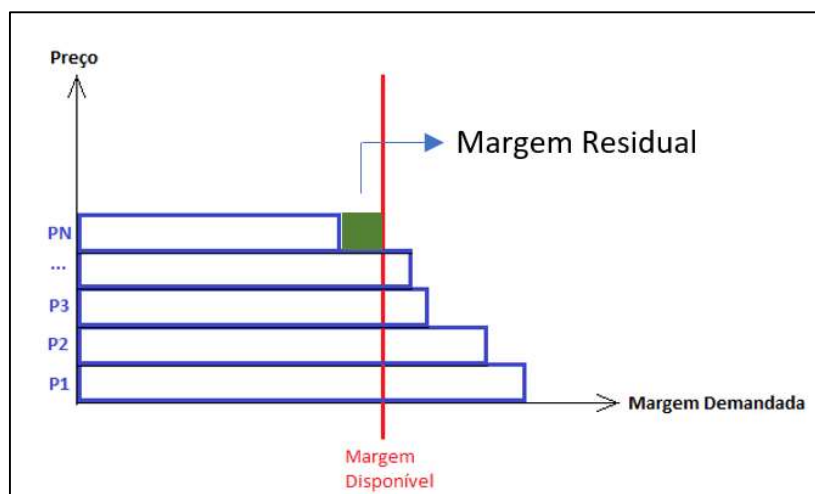
Um último ponto importante a ser considerado na especificação da sistemática diz respeito à margem residual que, invariavelmente, se fará presente ao final de alguns leilões de barramentos.

Essa situação decorre da baixa probabilidade da potência dos empreendimentos vencedores em um barramento resultar em um valor que coincida exatamente com a margem remanescente disponível neste mesmo barramento.

Especificamente para o formato aberto ascendente escolhido, conforme os preços forem aumentando no leilão de um barramento, a demanda por margem irá diminuindo e, dificilmente as potências dos empreendimentos competindo neste barramento serão tais que, no último incremento de preço (aquele que tornará a demanda por margem menor ou igual a oferta disponível e determinará os vencedores), o resultado forneça uma demanda exatamente igual à margem ofertada.

A expectativa é de que, de forma recorrente, ocorra algo similar ao apresentado na Figura 23, em que o último incremento de preços determine a existência de uma margem residual no barramento.

Figura 23 – Margem Residual por Barramento



Fonte: Elaborada pelo autor (2022).

Obviamente, pode ocorrer também de um único incremento de preços frustrar toda a demanda por margem em determinado barramento. Neste caso, conforme explicado no detalhamento das etapas do procedimento, o leilão retornará ao preço corrente anterior e será encerrado (para maiores detalhes ver Subseção 11.4.2.3).

Desta forma, a análise aqui se restringe apenas ao caso inicialmente indicado. Em tais situações, dada a proposta para que um mesmo Leilão de Margem contemple diversos produtos, correspondentes aos distintos anos do horizonte de referência, adotou-se como solução o direcionamento da margem residual, de um determinado barramento, para o leilão deste mesmo barramento no produto (ano) seguinte.

A opção por essa solução se torna ainda mais natural (e robusta) se considerarmos a adoção perene do Leilão de Margem de Escoamento, com *Temporadas de Acesso* regulares ao longo de um mesmo ano. Neste cenário, as margens residuais finais de um procedimento seriam direcionadas para o procedimento seguinte, a ser realizado na próxima *Temporada de Acesso*, diminuindo consideravelmente o intervalo até sua próxima disponibilização aos geradores.

Almejando um maior aproveitamento da rede existente, algumas alternativas diferentes poderiam ser consideradas para as situações descritas, como, por exemplo:²⁷⁵

- No caso de margem residual pequena ($<X\%$): Verificar possibilidade de incremento de potência dos vencedores (ao preço final do leilão).
- No caso de margem residual grande ($>X\%$): Realizar ratificação dos perdedores que estavam ativos na penúltima rodada, alocando o excesso de oferta a esses participantes. Neste caso, o preço da rodada anterior passaria a valer para todos os vencedores e seria necessário estabelecer um critério de ordenação para os perdedores a serem considerados (por exemplo, em ordem decrescente de maior potência).

Contudo, a adoção de propostas similares à apresentada traria poucos benefícios neste primeiro momento, ao passo que acrescentaria complexidades adicionais ao certame e exigiria maiores análises quanto aos resultados esperados. Em vista disso, optou-se por descartá-las, deixando-as como uma possibilidade para análises futuras, sobretudo após as primeiras realizações do procedimento, com as respectivas análises de seus resultados e aprendizados e, principalmente, a definição sobre a adoção do leilão como solução perene para o acesso ao SIN.²⁷⁶

11.5 CARACTERÍSTICAS ADICIONAIS

Essa seção apresenta algumas características adicionais importantes, definidas para o Leilão de Margem de Escoamento, em linha com o entendimento de que, além das especificações mais gerais de formato e sistemática, os detalhes também devem ser cuidadosamente avaliados para evitar falhas ou brechas que possam ser utilizadas pelos participantes em seu benefício.

11.5.1 Enforcement

Talvez o principal detalhe adicional a ser devidamente endereçado no Leilão de Margem diz respeito ao nível de *enforcement* exigido. Essa afirmação se baseia

²⁷⁵ Na alternativa apresentada X corresponde a um determinado percentual a ser previamente estabelecido.

²⁷⁶ No caso de adoção do Leilão de Margem como solução perene para o acesso ao SIN, com a instauração de Temporadas de Acesso regulares, a alternativa simples inicialmente apresentada seria suficiente para o atendimento dos objetivos almejados, não havendo necessidade de busca por soluções mais sofisticadas.

tanto em sua importância para a eficácia do desenho proposto, como no cenário atual de expansão da geração vislumbrado para a implementação do procedimento.

Em relação ao primeiro ponto, Klemperer (2002a) destaca de forma precisa que, se os custos de inadimplência são pequenos, então na verdade os participantes estariam competindo por opções do prêmio, e não pelo prêmio em si. Mais ainda, se participantes menores puderem evitar compromissos por meio da falência, então o leilão pode favorecer estes participantes em detrimento de competidores maiores (que teriam maiores dificuldades em ficar inadimplentes). Nestes cenários, comportamentos agressivos no leilão, verificados por meio de lances muito altos, podem estar simplesmente refletindo o baixo nível de *enforcement* estabelecido para o procedimento.

No que diz respeito ao cenário da expansão, esse ponto é mencionado por tratar-se de uma situação já presenciada atualmente no SEB²⁷⁷, com diversos empreendimentos garantindo seu acesso e não entrando em operação dentro dos prazos previstos. Como a possibilidade de recuperação do acesso, e da respectiva margem reservada, tende a seguir um rito longo e demorado (incluindo possíveis judicializações), em última instância esse problema pode trazer como consequência a realização de expansões do sistema de transmissão que eventualmente não seriam necessárias, traduzindo-se em maiores tarifas e maiores custos para a sociedade.

Além de todo o arcabouço regulatório vigente para esse tipo de situação, as principais medidas adicionais propostas para o Leilão de Margem de Escoamento, nesse sentido, consistem em:²⁷⁸

- i. Estabelecer um aporte de garantia adicional no ato da inscrição (Garantia de Participação);
- ii. Prever um aporte de garantia para assinatura do CUST (Garantia de Execução);

²⁷⁷ Dados informados pelo ONS, sob solicitação, indicam que ao final de 2022 existiam 25,5GW de margem em contratos firmados e cujas usinas ainda não haviam entrado em operação. Desse total, cerca de 14,5 GW não haviam iniciado a construção e, dentre os empreendimentos com construção ainda não iniciada, cerca de 3,5GW já estavam com a cobrança de EUST em andamento. Além disso, dados disponíveis no “Ralie - Acompanhamento da Expansão da Geração” da ANEEL indicam que, dentre 2445 usinas outorgadas que ainda não entraram em operação comercial, 851 encontram-se atrasadas (Atualização de 17/01/2023). Disponível em: <https://www.gov.br/aneel/pt-br/centrais-de-conteudos/relatorios-e-indicadores/geracao>.

²⁷⁸ Para maiores detalhes ver Portaria nº 702/GM/MME, de 1º de Novembro de 2022.

- iii. Definir que os lances realizados pelos vencedores, em caso de descumprimento do rito previsto para as etapas após o certame, não sejam devolvidos.

Após o término do procedimento, as garantias aportadas para a participação no leilão, estipuladas no intuito de mitigar o risco de não assinatura do CUST pelos vencedores, seriam devolvidas aos agentes que não se sagrassem vitoriosos. No caso dos empreendimentos vencedores, as garantias de participação seriam substituídas pelas garantias de execução quando da assinatura do CUST (ou executadas caso o CUST não seja assinado).

Adicionalmente, foi estabelecido, como regra geral, que os contratos celebrados pelos empreendimentos vencedores não poderiam ser antecipados ou postergados, assim como não poderiam sofrer alterações no que diz respeito ao ponto de conexão e a características técnicas relacionadas com a capacidade de transporte reservada (este último, com uma taxa de tolerância para acomodar eventuais evoluções tecnológicas entre a data do leilão e a entrada em operação do empreendimento).

No caso de descumprimento de alguma das condições estabelecidas, o empreendimento teria seu contrato rescindido (caso este já tenha sido assinado) e, sem prejuízo à aplicação das penalidades regulatórias previstas, seriam executadas as garantias pertinentes (conforme a etapa do processo) e a margem remanescente que havia sido reservada ao empreendimento passaria a estar novamente disponível ao SIN. Nestes casos, as margens devolvidas não poderiam ser disponibilizadas, posteriormente, a empreendimentos vinculados ao mesmo grupo controlador (durante um período pré-estabelecido a ser determinado pela ANEEL).

De acordo com as atribuições do desenho atualmente vigente para as entidades governamentais do setor elétrico, o detalhamento das garantias e penalidades envolvidas no procedimento são de competência da ANEEL. Por esse motivo, o trabalho aqui apresentado, assim como o que foi desenvolvido no MME, se limitou às diretrizes básicas em relação aos itens em questão, fundamentando-se no princípio de que as etapas de qualificação prévia, as penalidades e a exigência de garantias auxiliam a garantir que os empreendimentos vencedores estejam, conforme prazos e critérios previamente estabelecidos, comprometidos com a conexão no ponto de acesso obtido.

Cabe notar que também nessa definição de mecanismos de *enforcement* existe um *trade-off* a ser considerado e, adequadamente, calibrado (incluindo no que diz respeito às penalidades, que não fazem parte do escopo deste trabalho). Um maior nível de exigências pode resultar em maior nível de barreira à entrada e menor participação, afetando inclusive os resultados esperados para o leilão. Em compensação, um nível muito baixo pode não fornecer o desincentivo necessário para evitar que um vencedor deixe de honrar seu compromisso. Em resumo, as medidas devem ser ajustadas de maneira a não serem baixas demais, a ponto de serem irrelevantes, nem altas demais, a ponto de desencorajarem a participação.

Além das medidas propostas, outras alternativas poderiam contemplar também pré-qualificações técnicas e financeiras, ambas ajudando a garantir que os participantes envolvidos tenham a capacidade adequada para a implantar seu projeto. Estas, no entanto, em benefício da simplicidade do procedimento, foram desconsideradas neste momento, tendo em vista estarem de alguma forma contempladas em outras etapas do processo de acesso ao SIN.

Por fim, uma ideia interessante apresentada em Binmore e Klemperer (2002), que poderia ser considerada posteriormente, caso se verifiquem valores de lances muito elevados após os primeiros leilões (e, obviamente, caso a opção seja por adotar leilões suficientemente longos), consiste em estabelecer que os depósitos (ou garantias) previamente aportados subam de acordo com o aumento dos lances. Neste caso, para continuar no leilão, os participantes precisariam realizar aportes incrementais em determinados patamares de preços.

11.5.2 Preço de Reserva

O desenho proposto para o Leilão de Margem de Escoamento não faz qualquer referência a adoção de preços de reserva. A primeira justificativa para isso diz respeito aos principais objetivos definidos para o procedimento, em que o foco está na eficiência alocativa e maximização do uso da rede, não na arrecadação.

Além disso, alguns outros pontos em favor dessa escolha estão relacionados à resistência do setor a qualquer cobrança pela conexão ao sistema de transmissão (conforme discutido na Subseção 11.3.1), agravada por determinadas interpretações do marco de livre acesso, ao maior alinhamento com a abordagem atualmente vigente e adoção do mecanismo de pass-through (como detalhado na Subseção 11.4.2.10),

e à falta de histórico para a avaliação dos valores a serem atribuídos ao acesso em cada uma das localidades do SIN.

Especificamente no que diz respeito à ausência de histórico, Binmore e Klemperer (2002) reforçam que em tais contextos a definição de preços de reserva deve ser abordada com cautela, destacando inclusive que essa falta de informação prévia foi enfrentada também no primeiro leilão de 3G realizado no Reino Unido, fazendo com que os preços de reserva tivessem um papel pouco relevante na especificação e resultados do certame.

Evidentemente, tem-se aqui mais um ponto cuja aprendizagem com a realização dos leilões pode permitir a análise para aprimoramentos futuros. No entanto, em caso de eventual alteração em certames seguintes, deve-se observar a importância de se manter um compromisso firme com os preços de reserva adotados. Se os participantes esperarem que, caso os preços de reserva não sejam atingidos, os acessos serão leiloados novamente com preços de reserva menores, haverá uma clara brecha para comportamento estratégico por parte dos envolvidos. Dessa forma, não atingindo os preços estabelecidos, os acessos não devem ser concedidos. No entanto, nota-se que esse ponto torna a questão mais complexa, principalmente diante do objetivo primordial de maximização do uso da rede (talvez podendo ser melhor abordado com o Leilão de Margem correspondendo a solução perene, com distintas *Temporadas de Acesso* estabelecidas ao longo de um mesmo ano).

11.5.3 Barreira à Entrada

Similarmente ao preço de reserva, a proposta apresentada para o Leilão de Margem de Escoamento não contempla qualquer medida referente à mitigação de barreiras à entrada. Ainda que seja uma preocupação importante frente à adoção de um mecanismo competitivo, relacionada, inclusive, a um dos objetivos principais estabelecidos para o procedimento (no caso, o estímulo à concorrência), a escolha por essa opção se baseia, essencialmente, no contexto de implementação do certame, para o qual se vislumbra um cenário de elevada concorrência, com um grande número de empreendimentos competindo por margens escassas. No entanto, caso em algum momento esse quadro se altere, a literatura oferece diversas

alternativas para abordar esse tipo de situação a partir de uma solução baseada em leilões.²⁷⁹

Em relação ao LME, uma medida possível seria limitar a quantidade de margem passível de ser obtida, em uma determinada localização geográfica, por companhias de um mesmo controlador (adotando, por exemplo, um raio mínimo entre os barramentos habilitados a serem indicados por essas companhias). Outra possibilidade seria reservar uma parcela das margens disponíveis para um perfil específico de companhias (como novos entrantes ou similares), ou mesmo atribuir um desconto para tais companhias em seus lances finais, permitindo que se tornem vitoriosas com pagamentos mais baixos.

Todavia, ainda que corresponda a um aspecto relevante, que merece ser monitorado e que, caso se manifeste, deve ser devidamente analisado, qualquer medida como as acima mencionadas não devem ser consideradas sem o correto estudo e avaliação, já que possuem também suas contrapartidas. McAfee (2020) relata, por exemplo, o caso de leilões nos Estados Unidos que separaram uma parcela do mercado para as chamadas *entidades designadas* e que, como consequência, observaram o surgimento de diversas firmas criadas especificamente para se encaixar no perfil desejado e aproveitar os benefícios proporcionados pela regra estabelecida.

Adicionalmente, ainda em relação a tais medidas, vale mencionar os resultados apresentados em McAfee e McMillan (1996) e McAfee et al. (2010), que favorecem a adoção de descontos nos lances (ou similares), em oposição à reserva de uma parcela do mercado. Trata-se de uma opção que permite obter os mesmos resultados desejados, mas de forma mais eficiente e obtendo receitas mais elevadas. A intuição desse argumento é clara, uma vez que tem-se uma solução cujo resultado será obtido através da competição entre todas as firmas envolvidas, independentemente de serem *entidades designadas* ou não (neste caso, o desconto para as *entidades designadas* estimula a competição de todos através dos lances de uma forma que não ocorreria em um cenário de reserva de mercado, permitindo que, neste último, os competidores pudessem vencer a partir de lances menores).

²⁷⁹ Vale destacar que, muitas vezes, a própria adoção de leilões consiste em uma tentativa de diminuir as barreiras à entrada e estimular a participação de novos entrantes. Ver McMillan (1995) para exemplos, particularmente o caso da Índia, que utilizou essa abordagem para seus serviços de telecomunicações.

11.5.4 Mercado Secundário

A possibilidade de um mercado secundário para os direitos de conexão concedidos via Leilão de Margem de Escoamento foi um dos itens mais controversos durante o desenvolvimento dessa nova solução para o acesso ao SIN. Além de corresponder a uma inovação adicional significativa diante do contexto de acesso atual, trata-se também de um item cujo impacto regulatório seria expressivo. Desta maneira, mesmo que ao final nenhum consenso tenha sido obtido sobre o tema, optando-se por deixá-lo em aberto para estudos subsequentes, aborda-se aqui alguns aspectos que serviriam como ponto de partida para as futuras análises.

O argumento a favor dessa opção se fundamenta, sobretudo, nos possíveis benefícios em relação a obtenção de alocações eficientes. Ainda que válidos, esses argumentos não podem deixar de considerar que a presença de custos de transação nos mercados secundários pode afastá-los de sua característica desejável. E, mesmo que os resultados eficientes sejam alcançados, sua obtenção através de um mercado secundário pode implicar, devido a atrasos por negociação, em um maior tempo para obtenção da alocação final, o que, para o caso específico do acesso ao SIN, pode resultar em atrasos na implantação de empreendimentos importantes para o planejamento energético do setor.

McAfee e McMillan (1996) reforçam o ponto acima enfatizando que, em situações reais, com alocações obtidas a partir da realização de leilões, os mercados secundários podem se afastar das características ideais de um mercado competitivo (principalmente no que diz respeito ao número de participantes, custos de transação e assimetrias de informação), tornando assim mais difícil considerar como válida a premissa de que poderiam resolver eventuais problemas de alocação. Krishna (2010) aponta ainda que, mesmo em situações ideais, onde não se verificam custos de transação ou atrasos por negociação, a possibilidade de revenda não garante eficiência aos resultados de um leilão.

Sob outra ótica, Binmore e Klemperer (2002) mencionam a perspectiva da adoção de um mercado secundário favorecer a participação e concorrência em um leilão. Isto ocorreria por reduzir os riscos dos vencedores no caso de terem, após o leilão, algum tipo de problema que poderia atrasar ou inviabilizar a implantação do empreendimento. A contrapartida, nesse caso, seria a possibilidade de criar-se uma ineficiência adicional com o procedimento, ao atrair participantes cujo único interesse seria posteriormente vender o direito de acesso.

Por fim, Klemperer (2022b) menciona situações em que a presença de um mercado secundário poderia favorecer o conluio, dada a possibilidade de várias unidades poderem ser adquiridas pelo mesmo participante frente a uma menor concorrência (que implicaria em preços mais baixos), sendo depois repassadas, via mercado secundário, aos participantes do cartel (que teriam concordado em abandonar o leilão em patamares iniciais de preços, para garantir os menores custos de aquisição para todos). Em um primeiro momento, trata-se de uma situação que não se aplicaria ao Leilão de Margem de Escoamento, uma vez que a aquisição de margem por um empreendimento estaria restrita à sua potência previamente cadastrada e ao seu barramento preferencial de escolha. No entanto, uma eventual flexibilização das regras de participação em procedimentos futuros²⁸⁰ poderia permitir a inclusão de vários projetos fictícios por um mesmo participante, que poderia então concorrer em diversos barramentos distintos e proceder de maneira similar ao descrito acima. Sendo assim, uma mudança nessa direção de flexibilização das regras de participação demandaria uma análise também sob essa perspectiva de conluio, assim como, evidentemente, uma análise minuciosa dos demais comportamentos estratégicos possíveis a partir das novas regras.

²⁸⁰ Trata-se de ideia que foi discutida em alguns momentos nas agendas entre as entidades envolvidas, tendo, por ora, sido descartada, mas ficando em aberto para aprimoramentos futuros.

12. CONCLUSÕES FINAIS

O presente trabalho foi motivado pelas profundas alterações observadas no cenário para acesso ao sistema de transmissão do setor elétrico brasileiro, determinadas, principalmente, pela rápida expansão da oferta de fontes renováveis e pela sanção da Lei nº 14.120 de 2021. Diante de tais mudanças, e em oposição ao histórico recente, foi instaurado um quadro de grande competição pelos recursos de transmissão, caracterizando-os como um recurso escasso e tornando inadequado o critério de fila atualmente utilizado para alocação das margens remanescentes.

Frente a esse contexto, foi apresentada uma proposta para a concessão de acesso ao sistema de transmissão baseada na utilização de leilões. Essa opção se fundamenta, essencialmente, na compreensão de que, para acomodar a nova realidade do setor, a adoção de um mecanismo competitivo para contratação da margem de escoamento passa a ser fundamental, permitindo a obtenção de uma maior eficiência alocativa, a partir de um procedimento simples, com elevado nível de transparência e que incentive a concorrência entre os agentes do setor. Além disso, trata-se ainda de uma abordagem que permite capturar outros atributos desejáveis ao processo, como a maximização do uso da rede e o aumento do nível de *enforcement*.

Desta forma, desenvolveu-se uma proposta fundamentada pela teoria dos leilões e também firmemente conectada ao ambiente econômico e regulatório de referência, assim como aos principais objetivos estabelecidos para a nova solução e ao contexto de sua implementação. Tudo isso sem ignorar as implicações resultantes do caráter inovador da proposta.

Ainda que o cenário em estudo permita simplificações sob o ponto de vista da teoria dos leilões, uma análise teórica considerando todas as particularidades envolvidas pode tornar-se matematicamente muito complexa ou mesmo inviável. Sendo assim, em linha com as recomendações apresentadas na literatura de referência, discutiu-se diferentes configurações e aspectos dos modelos de referência, de modo a capturar os atributos mais importantes para a proposta e desenvolver ao máximo a intuição sobre o seu funcionamento no contexto em que será inserida. Esse enfoque possibilitou uma melhor compreensão dos *trade-offs* envolvidos e uma avaliação mais precisa dos impactos proporcionados pelas escolhas realizadas.

Como proposta final para a concessão de acesso ao sistema de transmissão foi desenhado um novo procedimento, denominado Leilão de Margem de

Escoamento, baseado em um formato aberto ascendente, com todos os anos do horizonte de referência do PAR disponibilizados sequencialmente e com os participantes podendo concorrer em qualquer barramento preferencial de sua escolha (mas limitados a disputas no barramento previamente escolhido).

Conforme destacado diversas vezes ao longo deste trabalho, mecanismos competitivos não são uma solução do tipo “*one size fits all*” e o desenho de um leilão deve sempre levar em consideração o contexto no qual será utilizado, assim como os objetivos a serem alcançados. Desta forma, eventuais mudanças no cenário de referência implicam, necessariamente, em uma reavaliação do desenho proposto.

Além disso, após a realização dos primeiros leilões, e conforme indicado no decorrer do trabalho, os diversos parâmetros especificados para a sistemática, cujo aprendizado a partir da efetivação do certame pode permitir uma melhor calibração, deverão ser reavaliados.

Por fim, a continuidade na utilização do procedimento no Setor Elétrico Brasileiro e, principalmente, a opção pela adoção deste como uma solução estrutural para a disponibilização de acesso ao SIN, possibilita o desenvolvimento de aprimoramentos ou até mesmo soluções diferentes, levando-se em conta não apenas os resultados e aprendizados das primeiras realizações, mas também buscando-se desenhos que incorporem avanços que não puderam ser capturados neste primeiro momento.

12.1 PRÓXIMOS PASSOS

A realização do primeiro procedimento competitivo para margem de escoamento em 2023, conforme previsto na Portaria nº 702/GM/MME, de 1º de Novembro de 2022, fornece uma perspectiva interessante para a continuidade do presente trabalho, abrindo a possibilidade de avaliação dos resultados obtidos a partir da nova metodologia em comparação com o critério anteriormente utilizado.

Dada a continuidade na concessão de acessos sob todas as configurações de referência (fila com demanda menor que oferta, fila com demanda maior que a oferta e procedimento competitivo), essa situação proporcionará uma oportunidade singular de análise. Ademais, esse estudo está alinhado com o avanço fundamental em direção à realização de políticas públicas baseadas em evidências, permitindo examinar não apenas a necessidade de eventuais aprimoramentos na solução

proposta, mas também avaliar a pertinência de sua continuidade ou mesmo a sua interrupção.

Isto posto, será necessário estudar as melhores métricas a serem utilizadas, bem como verificar a disponibilidade dos dados (históricos e atuais) nas entidades do setor (ANEEL, ONS e MME). Em um primeiro momento, informações relativas a atrasos nas etapas subsequentes ao procedimento (assinatura do CUST, conexão e entrada em operação) parecem ser algumas das possibilidades relevantes a serem consideradas, assim como a taxa de realização dos projetos ou mesmo aos preços de energia dos empreendimentos conectados a partir de cada uma das regras. Além disso, uma avaliação do procedimento sob a perspectiva de maximização do uso da rede também pode ser feita, utilizando para isso métricas relacionadas a razão entre as margens ocupadas e as margens disponíveis no sistema.

Ainda sob essa perspectiva, a eventual adoção de um mercado secundário também pode prover evidências em relação a eficiência alocativa obtida com o novo mecanismo, uma vez que um grande número de transações após o Leilão de Margem de Escoamento sugeriria um resultado ruim para a alocação obtida através do procedimento.²⁸¹

12.2 ANÁLISES FUTURAS

Em todos os modelos utilizados ao longo dessa dissertação adotou-se a hipótese simplificadora de demandas unitárias simétricas para os empreendimentos competindo em um mesmo barramento. Logo, uma expansão das análises realizadas, contemplando os casos com demandas unitárias assimétricas, consiste em uma continuidade imediata para este trabalho. O mesmo se aplica para a flexibilização das premissas utilizadas nas análises para a sistemática sequencial, no caso, as premissas de que todos os barramentos de interesse de um determinado empreendimento podem ser considerados como unidades idênticas e que um conjunto de empreendimentos localizados em uma mesma área possui interesse pelo mesmo conjunto de barramentos.

Adicionalmente, ao longo do trabalho foram destacadas possibilidades e alternativas, cogitadas visando a melhor acomodar alguns detalhes previstos para o certame, mas que acabaram desconsideradas pela necessidade de uma análise mais

²⁸¹ Contudo, cabe destacar que uma baixa atividade no mercado secundário não necessariamente atestaria a obtenção de uma alocação eficiente (conforme discussão apresentada na Subseção 11.5.4).

rigorosa para fundamentar sua adoção. Destaca-se aqui essas alternativas, deixando-as assim endereçadas para eventuais estudos futuros: (i) possibilidade de mercado secundário para os direitos de acesso; (ii) utilização de preço de reserva; (iii) adoção de critério de incremento de preço variável pré-determinado; e (iv) emprego de leilões de qualificação.

Fora esses itens, alguns outros tópicos importantes que não foram contemplados também merecem ser abordados detalhadamente em estudos posteriores. Dentre estes, destaca-se a possibilidade dos empreendimentos concorrerem por quantitativos de margem variáveis (ao invés de um valor fixo previamente cadastrado e associado ao projeto) e a possibilidade do procedimento contemplar a oferta de margens por parte de empreendimentos que já tenham o CUST assinado, mas que ainda não entraram em operação.²⁸² No caso deste último, seria uma opção para liberar margens atualmente associadas a empreendimentos que irão sofrer atrasos relevantes ou que não mais se viabilizarão, evitando assim gastos com expansões desnecessárias e permitindo a obtenção de menores tarifas e menores custos ao consumidores finais.

Considerando a dificuldade que o atual cenário de expansão da geração tem trazido para o planejamento da transmissão, em virtude, principalmente, do grande número de empreendimentos, de sua elevada dispersão geográfica, dos prazos de implantação mais curtos e de contratações concentradas no ACL, uma outra alternativa interessante a ser avaliada, posteriormente, diz respeito a criação de leilões de margem futura para subsidiar o planejamento da transmissão.²⁸³ Ainda que impliquem alterações significativas no regramento vigente do setor, essa alternativa poderia proporcionar melhorias na coordenação entre a expansão da geração e a expansão da transmissão.

12.3 LIÇÕES APRENDIDAS

Após um início independente, a realização desse trabalho foi muito beneficiada pelo convite recebido pelo autor para integrar a área do Ministério de Minas e Energia responsável pelo tema. Além de contribuir para o maior detalhamento e robustez da proposta apresentada, a oportunidade evidenciou as dificuldades de colocar em

²⁸² Sobre esse tema, ver também a Nota de Rodapé 155.

²⁸³ Neste caso, em substituição ao PAR, uma opção seria utilizar o horizonte decenal do PDE como referência inicial para as margens futuras.

prática uma ideia inicialmente conceitual, tornando necessária a ampliação dos horizontes para além da teoria econômica e da teoria dos leilões, de maneira a abranger desde aspectos relacionados ao sistema elétrico e seu arcabouço regulatório, até as diversas interfaces com os agentes do setor e as inevitáveis limitações políticas para tornar factível a implementação de uma solução específica.

Sob essa perspectiva, uma primeira lição aprendida diz respeito à necessidade de esclarecer e justificar todas as decisões e escolhas realizadas, mesmo àquelas relacionadas a itens que talvez pareçam óbvios para agentes familiarizados com o tema.²⁸⁴ Neste sentido, destaca-se que a própria adoção dos leilões em substituição ao critério de fila foi (e continua sendo) alvo de muitas discussões²⁸⁵, tendo inclusive motivado a elaboração, inicialmente não prevista, do Capítulo 10 deste trabalho. Em contrapartida, essas interfaces permitiram também endereçar de forma mais precisa os principais pontos de dúvida, crítica ou questionamento identificados junto aos agentes envolvidos.

No que diz respeito ao desenvolvimento da proposta, ao contrário do relatado em McAfee et al. (2010) para a mudança de paradigma na concessão dos espectros de frequência nos EUA, em que a ausência histórica do uso de leilões pela FCC facilitou o desenvolvimento do desenho mais apropriado e baseado nos resultados da teoria dos leilões, a experiência no MME, com raras exceções, ocorreu com bastante resistência a todo e qualquer tipo de proposta que desviasse do *modus operandi* do setor em relação aos leilões existentes (independente do que apresentasse a melhor técnica dentro da teoria). O princípio de que cada contexto e situação requer um desenho de leilão específico, de acordo com as circunstâncias envolvidas, teve que ser reiterado por diversas vezes.

Outra lição relevante trata da importância de iniciar a especificação do leilão com antecedência suficiente, para que todas as análises e estudos necessários possam ser devidamente realizados. Isso permite a verificação minuciosa das implicações de cada uma das regras propostas e, eventualmente, a realização de simulações computacionais e experimentos que testam o desenho proposto, bem

²⁸⁴ As reuniões e discussões realizadas durante o desenvolvimento do trabalho no MME muitas vezes envolviam aspectos básicos da solução, como, por exemplo, as justificativas para se almejar uma alocação eficiente de recursos.

²⁸⁵ Vide Consulta Pública 052/2022 da ANEEL e respectivo AIR (AIR nº2/2022-SRT-SRG-SCG-SFG/ANEEL).

como detectar eventuais falhas ou brechas que não tenham sido inicialmente percebidas.

Ainda que o desenvolvimento do desenho apresentado para o Leilão de Margem de Escoamento tenha se beneficiado do tema já estar sendo estudado pelo autor de forma independente, certamente não houve tempo suficiente para a execução de todas as avaliações pertinentes, incluindo as simulações e experimentos acima mencionados. Deste modo, a realidade, com seus respectivos limites de prazo, acabou se impondo na tomada de diversas decisões.

Essa correta adequação dos prazos se faz crucial também para a realização das discussões necessárias e o alinhamento de todos os envolvidos, incluindo as entidades do setor que participam da especificação e implementação do leilão, assim como os agentes (e respectivas associações) que serão impactados pelas mudanças a serem realizadas. Trata-se de mais um item que se mostrou crítico para as atividades referentes ao Leilão de Margem.

Por fim, caso o procedimento seja adotado como uma solução perene para a disponibilização de acesso ao SIN, a preocupação com os prazos disponíveis se torna ainda mais relevante, pois esse cenário envolve situações diferentes e mais complexas do que as inicialmente analisadas neste trabalho (principalmente no que diz respeito à compatibilização com os outros leilões e procedimentos realizados no setor). Além disso, em tal situação, o ideal seria a disponibilização de tempo suficiente para eventuais adequações do arcabouço regulatório e legal de acordo com a melhor solução identificada (evitando a adoção de um caminho inverso, como muitas vezes foi necessário realizar neste trabalho).

**PARTE III: REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS, APÊNDICES E
ANEXOS**

13. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ABBEÓLICA/VOLT (2022) **Procedimento Competitivo para a Contratação de Margem de Escoamento para Acesso ao SIN**. Apresentação de 18 de Agosto de 2022, Processo 48360.000221/2022-39.
- [2] ABRACEEL (2022) **Expansão da Oferta de Geração para o Mercado Livre**. Disponível em: <https://abraceel.com.br/biblioteca/estudos/2022/06/estudo-abraceel-2022-expansao-oferta-para-ml/>.
- [3] ANDERSON, P., HULTEN, S. & VALIENTE, P. (2005) **Beauty contest licensing lessons from the 3G process in Sweden**. Telecommunications Policy, 29 (8), 577-593.
- [4] ANEEL – Agência de Energia Elétrica. **Relatórios e Indicadores relacionados ao segmento de Geração de Energia Elétrica**. Disponível em: <https://www.gov.br/aneel/pt-br/centrais-de-conteudos/relatorios-e-indicadores/geracao>.
- [5] ANEEL – Agência de Energia Elétrica. (2022) **Análise sobre o acesso à transmissão no cenário de expansão de geradores eólicos e fotovoltaicos**. Relatório de Análise de Impacto Regulatório nº2/2022-SRT-SRG-SCG-SFG/ANEEL. Disponível em: <https://antigo.aneel.gov.br/consultas-publicas> (Consulta Pública nº 52/2022).
- [6] AUSUBEL, L. M. & MILGROM, P. (2004) **The Lovely but Lonely Vickrey Auction**. Stanford Institute for Economic Policy Research, Discussion Paper N. 03-36.
- [7] BIKHCHANDANI, S. & HUANG, C-F. (1993) **The Economics of Treasury Securities Markets**. Journal of Economic Perspectives, 7, 117 - 134.
- [8] BINMORE, K. & KLEMPERER, P. (2002) **The Biggest Auction Ever: The Sale of the British 3G Telecom Licenses**. The Economic Journal, 112, C74-C96.
- [9] BINMORE, K., VON DER FEHR, N. H., HARBORD, D. & JEWITT, I. (2004) **Comments on the Proposed Electricity Contract Auctions in Brazil**. Disponível em: <https://www.market-analysis.co.uk/PDF/Reports/brazilianelectricityauct.pdf>
- [10] BRESKY, M. (2000) **Equilibria in Multi-Unit Auctions**. Mimeo, CERGE, Czech Republic.
- [11] BUGARIN, M. S. & RIBEIRO, F. (2021) **The paradox of concessions in developing countries**. Brazilian Review of Econometrics, vol. 41, n. 1, 69–100.

- [12] BUGARIN, M. S. & PORTUGAL, A. C. (2022) **Licitações com preço de reserva secreto e negociação: Uma análise de teoria dos leilões para o caso de valores privados**. Estudos Econômicos, vol. 52, n. 4, 695-767.
- [13] CALDEIRA, J., SEKULA, J. M. & SCHABIB, L. (2020) **Brasil: Paraíso Restaurável**. Estação Brasil.
- [14] CASPARY, J. et al. (2021) **Disconnected: The Need for a New Generator Interconnection Policy**. Americans for a Clean Energy Grid. Disponível em: <https://cleanenergygrid.org/disconnected-the-need-for-new-interconnection-policy/>
- [15] CASSIDY, R. (1967) **Auctions and Auctioneering**. Berkeley: University of California Press.
- [16] CASTRO, N. et al. (2022) **Brasil: Transição Energética nos Sistemas Isolados**. Grupo de Estudos do Setor Elétrico – UFRJ (GESEL), Texto de Discussão do Setor Elétrico Nº 107. Disponível em: https://www.gesel.ie.ufrj.br/app/webroot/files/publications/17_tdse_107.pdf.
- [17] CLIFFORD CHANCE (2021) **Key elements of the new Spanish Royal Decree on access and connection to the electricity transmission and distribution grids**. Disponível em: <https://www.cliffordchance.com/briefings/2021/01/key-elements-of-the-spanish-royal-decree-on-access-and-connectio.html>
- [18] COASE, R. H. (1959) **The Federal Communications Commission**. *Journal of Law and Economics*, 2, 1-40.
- [19] COLNAGO JR., E. P. (2004) **PROES: Um modelo de leilão híbrido**. Dissertação (Mestrado em Economia), Faculdade de Economia, Administração, Contabilidade e Gestão de Políticas Públicas (FACE), UnB.
- [20] CORREIA, T. B., MELO, E. & COSTA, A. M. (2006) **Análise e Avaliação Teórica dos Leilões de Compra de Energia Elétrica Proveniente de Empreendimentos Existentes no Brasil**. *Revista EconomiA*, v.7, n.3, 509-529.
- [21] CPDOC - Centro de Pesquisa e Documentação de História Contemporânea do Brasil. **Acervo On-Line**. Fundação Getúlio Vargas (FGV) Disponível em: <https://www18.fgv.br/cpdoc/acervo/arquivo>
- [22] CRAMTON, P. (1998) **Ascending Auctions**. *European Economic Review*, 42:3-5, 745-756.
- [23] CRAMTON, P. (2017) **Electricity Market Design**. *Oxford Review of Economic Policy*, Volume 33, Number 4, 589–612.

- [24] DE CASTRO, L. I. & DE FRUTOS, M. A. (2009) **How to translate results from auctions to procurements**. *Economic Letters*, 106, 115-118.
- [25] DEL RÍO, P. & KIEFER, C. (2021) **Analyzing Patterns and Trends in Auctions for Renewable Electricity**. *Energy for Sustainable Development*, 62, 195-213.
- [26] DUTRA, J. & MENEZES, F. (2002) **Hybrid auctions**. *Economics Letters*, 77, 301–307.
- [27] DUTRA, J. & MENEZES, F. (2005) **Lessons from the Electricity Auctions in Brazil**. *The Electricity Journal*, Vol. 18 (10).
- [28] EMAE – Empresa Metropolitana de Águas e Energia S.A. **Barragem Edgard de Souza**. Disponível em:
<http://www.emaee.sp.gov.br/chromo/barragens/edgardsouza.htm>
- [29] EPE – Empresa de Pesquisa Energética. **Matriz Energética e Elétrica**. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>
- [30] EPE – Empresa de Pesquisa Energética. **Painel de Dados de Micro e Minigeração Distribuída**. Disponível em:
<http://shinyepe.brazilsouth.cloudapp.azure.com:3838/pdgd/>
- [31] EPE – Empresa de Pesquisa Energética. (2022) **Plano Decenal de Expansão de Energia 2031**. Brasília: MME/EPE. Disponível em:
<https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/plano-decenal-de-expansao-de-energia-2031>
- [32] ENGELBRECHT-WIGGANS, R. & KAHN, C. (1998) **Multi-Unit Auctions with Uniform Prices**. *Economic Theory*, 12, 227-258.
- [33] FEDERAL COMMUNICATIONS COMMISSION – FCC. (2013) **Notice and Filing Requirements, Minimum Opening Bids, Upfront Payments, and Other Procedures for Auction 95**. Disponível em: <https://www.fcc.gov/auction/95>
- [34] FEDERAL COMMUNICATIONS COMMISSION – FCC. (2022) **Notice and Filing Requirements, Minimum Opening Bids, Upfront Payments, and Other Procedures for Auction 110**. Disponível em: <https://www.fcc.gov/auction/110>
- [35] GIBBON, E. (1946) **The Decline and Fall of the Roman Empire**. Nova York: Heritage Press.
- [36] GIBBONS, R. (1992) **Game Theory for Applied Economists**. Princeton University Press.

- [37] GOLDENBERG, J. & PRADO, L. T. S. (2003) **Reforma e crise do setor elétrico no período FHC**. Tempo Social (USP), 15(2), 219-235.
- [38] GRAHAM, D. A. & MARSHALL, R. C. (1987) **Collusive Bidder Behavior at a Single Object Second Price and English Auction**. Journal of Political Economy, 95, 1217-1239.
- [39] GRAMLICH, R. et al. (2021) **Resolving Interconnection Queue Logjams: Lessons for CAISO from the US and Abroad**. Grid Strategies LLC. Disponível em: <https://gridprogress.files.wordpress.com/2021/12/resolving-interconnection-queue-logjams-lessons-for-caiso-from-the-us-and-abroad-1.pdf>
- [40] GUEDES, L. et al. (Forthcoming) **Procedimento Competitivo para Contratação das Margens de Transmissão por Geradores na Rede Básica do SIN**. XXVII SNPTEE.
- [41] HOCHBERG, M. & POUDINEH, R. (2018) **Renewable Auction Design in Theory and Practice: Lessons from the Experiences of Brazil and Mexico**. The Oxford Institute for Energy Studies, OIES Paper: EL 28.
- [42] IRENA (2022) **Renewable Power Generation Costs in 2021**. International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi. Disponível em: <https://www.irena.org/publications/2022/Jul/Renewable-Power-Generation-Costs-in-2021>
- [43] JEHL, G. A. & RENY, P. J. (2011) **Advanced Microeconomic Theory**. Third Edition, Pearson.
- [44] JOSKOW, P. (2008) **Lessons Learned from Electricity Market Liberalization**. The Energy Journal, International Association for Energy Economics, vol. 0 (Special I), pages 9-42.
- [45] JUNIOR, H. Q. P., ALMEIDA, E. F., BOMTEMPO, J. V., IOOTTY, M. & BICALHO, R.G. (2007) **Economia da Energia: Fundamentos Econômicos, Evolução Histórica e Organização Industrial**. Elsevier.
- [46] KAHN, A., CRAMTON, P., PORTER, R. & TABORS, R. (2001) **Uniform Pricing or Pay-as-Bid Pricing: A Dilemma for California and Beyond**. The Electricity Journal, 70-79.
- [47] KANUMARATH, A. (2002) **Bidding on the Future: A Comparative Analysis of Offshore Wind Auctions in the UK and the Netherlands**. Dissertation (Master in Wind Power Project Management), Department of Earth Sciences, Uppsala University.

- [48] KLEMPERER, P. (1999) **Auction Theory: A Guide to the Literature**. Journal of Economic Surveys, 13(3), 227-286.
- [49] KLEMPERER, P. (2002a) **What Really Matters in Auction Design**. Journal of Economic Perspectives, 16(1), 169-189.
- [50] KLEMPERER, P. (2002b) **How (not) to Run Auctions: The European 3G Telecom Auctions**. European Economic Review, 46, 829-845.
- [51] KRISHNA, V. (2010) **Auction Theory**. Second Edition, Elsevier.
- [52] LEITE, A. D. (2009) **Energy in Brasil: Towards a Renewable Energy Dominated System**. Earthscan.
- [53] LIMA, J. L. (1983) **Estado e Desenvolvimento do Setor Elétrico no Brasil: das origens à criação da Eletrobrás**. Dissertação (Mestrado em Economia), Faculdade de Economia e Administração, USP.
- [54] LUCE, R. D. & RAIFFA, H. (1957) **Games and Decisions: Introduction and Critical Survey**. New York: Wiley.
- [55] MASKIN, E. (1992) **Auctions and Privatization**. Privatization, H. Siebert, Tübingen: Mohr, 115-136.
- [56] MASKIN, E. & RILEY, J. (2000) **Asymmetric Auctions**. Review of Economic Studies, 67, 413-438.
- [57] MAURER, L. T. A. & BARROSO, L. A. (2011) **Electricity Auctions: An Overview of Efficient Practices**. The World Bank.
- [58] MCAFEE, R. P. & MCMILLAN, J. (1996) **Analyzing the Airwaves Auction**. Journal of Economic Perspectives, Vol. 10, No. 1, 159-175.
- [59] MCAFEE, R. P., MCMILLAN, J. & WILKIE, S. (2010) **The Greatest Auction in History**. In Better Living Through Economics. Harvard University Press.
- [60] MCMILLAN, J. (1995) **Why Auction the Spectrum?** Telecommunications Policy, Vol. 19, No. 3, 191-199.
- [61] MCMILLAN, J. (2004) **A Reinvenção do Bazar: Uma História dos Mercados**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor.
- [62] MENEZES, F. (1998) **Auction of Identical Objects with Single-Unit Demands: A Survey**. Revista de Econometria, v. 18, n. 2, 309-340.
- [63] MILGRON, P. (1985) **The Economics of Competitive Bidding: A Selective Survey**. In Social Goal and Social Organization: Essays in Memory of Elisha Pazber. Cambridge University Press, 261-289.

- [64] MILGRON, P. (1987) **Auction Theory**. In Advances in Economic Theory – Fifth World Congress, Cambridge University Press.
- [65] MILGRON, P. (1989) **Auctions and Bidding: A Primer**. *Journal of Economic Perspectives*, 3, 3-22.
- [66] MILGRON, P. & WEBER, R. (1982). **A Theory of Auctions and Competitive Bidding**. *Econometrica*, Vol. 50, No 5, 1089-1122.
- [67] MILGRON, P. & WEBER, R. (1999). **A Theory of Auctions and Competitive Bidding II**. In *The Economic Theory of Auctions*, Edward Elgar.
- [68] MME – Ministério de Minas e Energia. (2021a) **Processo 48330.000152/2021-30**. Disponível sob solicitação.
- [69] MME – Ministério de Minas e Energia. (2021b) **Nota Técnica Nº 46/2021/SE**. Disponível no Processo 48330.000152/2021-30.
- [70] MME – Ministério de Minas e Energia. (2022a) **Apresentação no Evento Iniciativas de Mercado de Minas e Energia: Desafios do Planejamento e Desenvolvimento Energético**. Disponível no Processo 48330.000152/2021-30.
- [71] MME – Ministério de Minas e Energia. (2022b) **Processo 48360.000221/2022-39**. Disponível sob solicitação.
- [72] MME – Ministério de Minas e Energia. (2022c) **Portaria nº 702/GM/MME**, de 1º de Novembro de 2022. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-n-702/gm/mme-de-1-de-novembro-de-2022-441013610>.
- [73] MME – Ministério de Minas e Energia. (2022d) **Portaria nº 716/GM/MME**, de 21 de Dezembro de 2022. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-n-716/gm/mme-de-21-de-dezembro-de-2022-452753308>.
- [74] MME – Ministério de Minas e Energia. (2022e) **Nota Técnica nº 5/2022/SPE** (SEI nº 0703077).
Disponível em <http://antigo.mme.gov.br/web/guest/servicos/consultas-publicas> (Consulta Pública nº 148 de 22/12/2022).
- [75] MME – Ministério de Minas e Energia. (2022f) **Minuta de Portaria de Sistemática** (Minuta Interna SPE – SEI nº 0703242). Disponível em <http://antigo.mme.gov.br/web/guest/servicos/consultas-publicas> (Consulta Pública nº 148 de 22/12/2022).
- [76] MYERSON, R. B. (1991) **Game Theory: Analysis of Conflict**. First Paperback Edition, Harvard University Press.

- [77] NOGUEIRA, A. & BERTUSSI, G. (2019) **O Setor de Energia Elétrica Brasileiro e a Perspectiva de uma Reforma Setorial**. Revista da UFMG, V. 26, N. 1 e 2, 16-45.
- [78] ONS – Operador Nacional do Sistema Elétrico. (2017) **Apresentação ONS - Cálculo das Margens - Metodologia (17.11.17)**. Disponível sob solicitação.
- [79] ONS – Operador Nacional do Sistema Elétrico. (2021a) **Sumário Executivo – PAR/PEL 2021 – Plano da Operação Elétrica de Médio Prazo do SIN (2022-2026)**. Disponível em:
https://www.ons.org.br/AcervoDigitalDocumentosEPublicacoes/Sumario%20Executivo_PARPEL_2021.pdf
- [80] ONS – Operador Nacional do Sistema Elétrico. (2021b) **Apresentação Workshop EPE – Novos paradigmas de planejamento da transmissão para a integração de renováveis**. Apresentação realizada em 14 de Julho de 2021 e constante no Processo 48330.000152/2021-30 (MME). Disponível sob solicitação.
- [81] ONS – Operador Nacional do Sistema Elétrico. (2021c) **Apresentação “Pareceres Técnicos – PTs e Avaliações Técnicas do Acesso – AVTAs emitidos pela PLN/PLM entre Jan/2020 e Out/2021”**. Constante no Processo 48330.000152/2021-30 (MME) e disponível sob solicitação.
- [82] ONS – Operador Nacional do Sistema Elétrico. (2022a) **LEN A-5 e A-6/2022: Metodologia, Premissas e Critérios para a Definição da Capacidade Remanescente do SIN para Escoamento de Geração pela Rede Básica, DIT e ICG** (NT-ONS DPL 0052/2022/EPE-DEE-RE-024-r0/2022). Disponível em:
<https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-665/NT-ONS%20DPL%200052-2022%20-%20EPE-DEE-RE-024-2022-r0%20LEN-A-5-A-6-2022.pdf>.
- [83] ONS – Operador Nacional do Sistema Elétrico. (2022b) **LEN A-5/2022: Quantitativos da Capacidade Remanescente do SIN para Escoamento de Geração pela Rede Básica, DIT e ICG** (NT-ONS DPL 0085/2022-r1). Disponível em:
<https://www.ons.org.br/AcervoDigitalDocumentosEPublicacoes/NT%200085-ONS-2022%20LEN-A-5%202022-r0.pdf>
- [84] ONS – Operador Nacional do Sistema Elétrico. (2022c) **Sumário Executivo – PAR/PEL 2022 – Plano da Operação Elétrica de Médio Prazo do SIN (2023-**

2027). Disponível em:

https://www.ons.org.br/AcervoDigitalDocumentosEPublicacoes/ONS_Revista%20PARPEL%202022_VF.pdf

- [85] PERRY, M. & RENY, P. J. (1999) **On the Failure of the Linkage Principle in Multi-Unit Auctions**. *Econometrica*, Vol. 67, No. 4, 895-900.
- [86] PORTAL DA PREFEITURA DE JUIZ DE FORA. **Bens Tombados: Usina de Marmelos**. Disponível em:
https://www.pjf.mg.gov.br/administracao_indireta/funalfa/patrimonio/historico/usina_marmelos.php
- [87] REGO, E. E. & PARENTE, V. (2013) **Brazilian experience in electricity auctions: Comparing outcomes from new and old energy auctions as well as the application of the hybrid Anglo-Dutch design**. *Energy Policy*, vol. 55(C), pages 511-520.
- [88] RENY, P. (1999) **On the Existence of Pure and Mixed Strategy Nash Equilibria in Discontinuous Games**. *Econometrica*, 67(5), 1029—1056.
- [89] RILEY, J. & SAMUELSON, W. (1981) **Optimal Auctions**. *American Economic Review*, 71(3), 381-392.
- [90] ROBINSON, M. (1985) **Collusion and the Choice of Auction**. *Rand Journal of Economics*, Vol. 16, N. 1, 141-145.
- [91] SAES, A. M. & SASSE, C. M. (2012) **A AMFORP e o Setor Elétrico Brasileiro (1926-1964)**. *Anuário CEEED* N° 4, 111-148.
- [92] SHUBIK, M. (1983) **Auctions, Bidding, and Markets: An Historical Sketch**. In *Auction, Bidding, and Contracting*, 33-52, New York University Press.
- [93] SILVA, L. S. et al. (2021) **Geração Distribuída de Energia - Uma análise da regulação do setor sob a ótica da Teoria dos Jogos**. 49° Encontro Nacional de Economia, ANPEC, 2021.
- [94] STOFT, S. (2002) **Power System Economics**. IEEE Press.
- [95] SWINKELS, J. (1999) **Asymptotic Efficiency for discriminatory Private Value Auctions**. *Review of Economic Studies*, 66(3), 50-528.
- [96] THEMA CONSULTING GROUP (2020) **International Principles for the Prioritization of Grid Connections**. Report number 2020-07, ISBN 978-82-8368-067-6.

- [97] TOLMASQUIM, M. T., CORREIA, T. B., PORTO, N. A. & KRUGER, W. (2021) **Electricity Market Design and Renewable Energy Auctions: The Case of Brazil**. Energy Policy, 158.
- [98] U.S. DEPARTMENT OF ENERGY - Office of Energy Efficiency & Renewable Energy (2017) **Confronting the Duck Curve: How to Address Over-Generation of Solar Energy**. Disponível em: <https://www.energy.gov/eere/articles/confronting-duck-curve-how-address-over-generation-solar-energy>.
- [99] VIANA, A. (2019) Brazilian Power Auctions: SWOT Analysis. Apresentação USAID (Novembro/2019). Disponível em: <https://slidetodoc.com/brazilian-power-auctions-swot-analysis-alexandre-viana-thymos/>.
- [100] VICKREY, W. (1961) **Counterspeculation, Auctions, and Competitive Sealed Tenders**. The Journal of Finance, 16(1), 8-37.
- [101] VICKREY, W. (1976) **Auctions Markets and Optimum Allocations**. In Bidding and Auctioning for Procurement and Allocation. Studies in Game Theory and Mathematical Economics. New York University Press, 13-20.
- [102] WEBER, R. J. (1983). **Multiple-object auctions**. In Competitive Bidding, Auctions, and Procurement (pp. 165-191). New York University Press
- [103] WILSON, R. (2002) **Architecture of Power Markets**. Econometrica, Vol. 70, No. 4, 1299-1340.
- [104] WRUCK, K. H. (1994) **Financial Policy, Internal Control, and Performance: Sealed Air Corporation's Leveraged Special Dividend**. Journal of Financial Economics, vol. 36, 157-192.
- [105] YERGIN, D. (2014) **A Busca: Energia, Segurança e Reconstrução do Mundo Moderno** (1ª Edição). Intrínseca.

14. APÊNDICES

14.1 ESTATÍSTICAS DE SEGUNDA MENOR ORDEM

Seja $M_1 \equiv M_1^{(n)}$ a variável aleatória que consiste no cálculo do valor mínimo das realizações de N variáveis aleatórias independentes e identicamente distribuídas, ou seja, M_1 é a estatística de menor ordem das N variáveis aleatórias $X_1, \dots, X_N$:

$$M_1(x_1, \dots, x_N) = \min_i x_i$$

Neste caso, a Estatística de Segunda Menor Ordem, $M_2 \equiv M_2^{(n)}$, corresponde à variável aleatória que consiste no cálculo do segundo menor valor das realizações de N variáveis aleatórias independentes e identicamente distribuídas:

$$M_2(x_1, \dots, x_N) = \left\{ \min_{k \neq j} x_k \mid x_j = M_1(x_1, \dots, x_N) \right\}$$

O evento em que M_2 é maior ou igual a y , cuja distribuição será $1 - G_2^{(n)}(y)$, corresponde à união dos seguintes eventos disjuntos:

- i. Todos as realizações de X_i , $i = 1, \dots, N$, são maiores ou iguais a y ;
- ii. $N - 1$ realizações de X_i , $i = 1, \dots, N$, são maiores ou iguais a y e uma realização é menor que y ;

A probabilidade de ocorrência do evento (i) é dada por:

$$\begin{aligned} \text{prob} \left[\min_i x_i \geq y \right] &= 1 - \text{prob} \left[\min_i x_i < y \right] = 1 - G_1^{(n)}(y) \\ &= 1 - [1 - [1 - F(y)]^N] = [1 - F(y)]^N \end{aligned}$$

Já no que diz respeito ao evento (ii), existem N diferentes maneiras para sua ocorrência:

$$\begin{aligned} \text{prob}[(ii)] &= \text{prob}[x_2 \geq y \wedge \dots \wedge x_N \geq y] \times \text{prob}[x_1 < y] + \dots \\ &\quad + \text{prob}[x_1 \geq y \wedge \dots \wedge x_{N-1} \geq y] \times \text{prob}[x_N < y] \end{aligned}$$

Mas:

$$\begin{aligned} &\text{prob}[x_2 \geq y \wedge \dots \wedge x_N \geq y] \times \text{prob}[x_1 < y] \\ &= \text{prob}[x_2 \geq y] \times \dots \times \text{prob}[x_N \geq y] \times \text{prob}[x_1 < y] \\ &= [(1 - F(y)) \times \dots \times (1 - F(y)) \times F(y)] = (1 - F(y))^{N-1} \times F(y) \end{aligned}$$

Sendo essa generalização válida para cada uma das N diferentes maneiras de ocorrência de (ii).

Desta forma:

$$1 - G_2^{(n)}(y) = [1 - F(y)]^N + N \times [(1 - F(y))^{N-1} \times F(y)]$$

E, portanto:

$$G_2^{(n)}(y) = \text{prob}[M_2 \leq y] = 1 - [1 - F(y)]^N - N \times [(1 - F(y))^{N-1} \times F(y)]$$

Logo, a função densidade de probabilidade associada à $G_2^{(n)}(y)$ é dada por:

$$g_2^{(n)}(y) = N(N - 1) \times [1 - F(y)]^{N-2} \times f(y) \times F(y)$$

Mas, dado que:

$$G_1^{(n-1)}(y) = 1 - [1 - F(y)]^{N-1}$$

Tem-se:

$$g_1^{(n-1)}(y) = (N - 1) \times [1 - F(y)]^{N-2} \times f(y)$$

Portanto, substituindo $g_1^{(n-1)}(y)$ na expressão obtida para $g_2^{(n)}(y)$, obtemos:

$$g_2^{(n)}(y) = N \times g_1^{(n-1)}(y) \times F(y)$$

14.2 DOMINÂNCIA ESTOCÁSTICA DE PRIMEIRA ORDEM (*FIRST-ORDER STOCHASTIC DOMINANCE*)

Dadas duas distribuições F e G , diz-se que F domina estocasticamente em 1ª ordem G se, para todo $z \in [\underline{\omega}, \bar{\omega}]$, vale que:

$$F(z) \leq G(z)$$

Em particular, se a variável aleatória X possui distribuição conforme F e a variável aleatória Y é distribuída conforme G , tem-se $E[X] \geq E[Y]$ quando F domina estocasticamente em 1ª ordem G .

14.3 DOMINÂNCIA ESTOCÁSTICA EM TERMOS DE HAZARD RATE (*HAZARD RATE DOMINANCE*)

Dadas duas distribuições F e G , diz-se que F domina G em termos de *Hazard Rate* se, para todo $z \in [\underline{\omega}, \bar{\omega}]$, vale que:

$$\lambda_F(z) = \frac{f(z)}{1 - F(z)} \leq \frac{g(z)}{1 - G(z)} = \lambda_G(z)$$

Notamos que, caso a relação acima seja válida, vale também que:

$$F(z) \leq G(z)$$

Portanto, dominância estocástica em termos de *Hazard Rate* implica dominância estocástica de 1ª ordem.

14.4 ESTATÍSTICAS DE PRIMEIRA E SEGUNDA ORDEM

Seja $Y_1 \equiv Y_1^{(n)}$ a variável aleatória que consiste no cálculo do valor máximo das realizações de N variáveis aleatórias, ou seja, Y_1 é a estatística de primeira ordem das N variáveis aleatórias $X_1, \dots, X_N$ independentes e identicamente distribuídas conforme F . Ou seja:

$$Y_1(x_1, \dots, x_N) = \max_i x_i$$

Seja $G^{(n)}$ a função distribuição de probabilidades da variável aleatória Y_1 . Então, temos que:

$$G^{(n)}(y) = \text{prob} \left[\max_i x_i \leq y \right]$$

$$G^{(n)}(y) = \text{prob} [x_1 \leq y] \wedge \dots \wedge \text{prob} [x_N \leq y]$$

$$G^{(n)}(y) = F(y) \times \dots \times F(y)$$

E, portanto:

$$G^{(n)}(y) = [F(y)]^N$$

Neste caso, a Estatística de Segunda Ordem, $Y_2 \equiv Y_2^{(n)}$, corresponde à variável aleatória correspondente ao cálculo do segundo maior valor das realizações das N variáveis aleatórias $X_1, \dots, X_N$ independentes e identicamente distribuídas conforme F . Ou seja:

$$Y_2(x_1, \dots, x_N) = \left\{ \max_{k \neq j} x_k \mid x_j = Y_1(x_1, \dots, x_N) \right\}$$

O evento em que Y_2 é menor ou igual a y corresponde a união dos seguintes eventos disjuntos:

- i. Todos as realizações de X_i , $i = 1, \dots, N$, são menores ou iguais a y ;
- ii. $N - 1$ realizações de X_i , $i = 1, \dots, N$, são menores ou iguais a y e uma realização é maior que y ;

A probabilidade de ocorrência do evento (i) é dada por:

$$G_1^{(n)}(y) = \text{prob} \left[\max_i x_i \leq y \right] = [F(y)]^N$$

Já no que diz respeito ao evento (ii), existem N diferentes maneiras para sua ocorrência:

$$\begin{aligned} \text{prob}[(ii)] &= \text{prob}[x_2 \leq y \wedge \cdots \wedge x_N \leq y] \times \text{prob}[x_1 > y] + \cdots \\ &\quad + \text{prob}[x_1 \leq y \wedge \cdots \wedge x_{N-1} \leq y] \times \text{prob}[x_N > y] \end{aligned}$$

Mas:

$$\begin{aligned} &\text{prob}[x_2 \leq y \wedge \cdots \wedge x_N \leq y] \times \text{prob}[x_1 > y] \\ &= \text{prob}[x_2 \leq y] \times \cdots \times \text{prob}[x_N \leq y] \times \text{prob}[x_1 > y] \\ &= [F(y) \times \cdots \times F(y) \times (1 - F(y))] = (F(y))^{N-1} \times (1 - F(y)) \end{aligned}$$

Sendo tal generalização válida para cada uma das N diferentes maneiras de ocorrência de (ii). Desta forma:

$$G_2^{(n)}(y) = \text{prob}[Y_2 \leq y] = [F(y)]^N + N \times [(F(y))^{N-1} \times (1 - F(y))]$$

Logo:

$$G_2^{(n)}(y) = N(F(y))^{N-1} - (N-1)[F(y)]^N$$

Portanto, a função densidade de probabilidade associada é dada por:

$$g_2^{(n)}(y) = N(N-1)[F(y)]^{N-2} f(y) - (N-1)N[F(y)]^{N-1} f(y)$$

14.5 MALDIÇÃO DO VENCEDOR (*WINNER'S CURSE*)²⁸⁶

Em um cenário de valores interdependentes, considerando o modelo especificado na Subseção 11.3.3.2, antes do início do leilão um determinado participante i possui apenas o seu sinal $X_i = x_i$ disponível. Portanto, baseado unicamente nessa informação, sua estimativa para o valor que atribui ao objeto será $E[V_i|X_i = x_i]$.

No caso do bem ser vendido através de um Leilão Selado de Primeiro Preço, contendo N participantes, caso o participante i seja o vencedor, e sendo todos os participantes simétricos e seguindo a mesma estratégia $\lambda(\cdot)$, verifica-se que o sinal de i era o maior dentre os N sinais. Desta forma, sua estimativa *ex-post* para o valor que atribui ao bem será dada por $E[V_i|X_i = x_i, Y_1 < x_i]$, em que Y_1 é a estatística de maior ordem dos $N - 1$ valores restantes, e com $E[V|X_i = x_i, Y_1 < x_i] < E[V|X_i = x_i]$. Ou seja, em tal situação, o anúncio de que i foi o vencedor leva uma redução na estimativa no valor por ele dado ao bem.

Desta maneira, caso essa característica não seja levada em conta na formulação da estratégia para definição do lance, o resultado pode levar ao chamado *Winner's Curse*, ou Maldição do Vencedor, cujo nome é atribuído ao fato do vencedor acabar pagando mais do que o bem realmente vale para ele.

No entanto, como mencionado anteriormente, e conforme enfatizado por Krishna (2010), é importante destacar que esse problema se manifesta apenas caso os participantes não determinem corretamente a estratégia de seu lance, a partir das informações e conhecimentos disponíveis, levando assim a realização um lance mais elevado do que o devido.

²⁸⁶ A abordagem e exemplo apresentados baseiam-se majoritariamente no Cap. 6 de Krishna (2010).

14.6 ANÁLISE DE REFERÊNCIA PARA ESTIMATIVA DO TEMPO DE DURAÇÃO DO PROCEDIMENTO

O documento “LEN A-5/2022: Quantitativos da Capacidade Remanescente do SIN para Escoamento de Geração pela Rede Básica, DIT e ICG”²⁸⁷ publicado pelo ONS apresenta as margens disponíveis para o ano de 2027 disponibilizadas no Leilão de Energia Nova A-5 realizado em 2022.

Considerando os dados da “Tabela 5-1: Resumo dos Quantitativos da Capacidade Remanescente para o LEN A-5/2022” e considerando como habilitados apenas os barramentos com margem de escoamento remanescente e disponibilidade para conexão física, obtêm-se o seguinte resumo:

- Barramentos Cadastrados: 214
- Barramentos Habilitados: 122
- Número de Restrições em Subáreas: 15
- Número de Restrições em Áreas: 2

Desta maneira, verifica-se a possibilidade de realização de até 139 leilões sequenciais para um único ano a ser ofertado (122 barramentos, 15 restrições de subárea e 2 restrições de área, sem considerar eventuais “*pass-through*”)²⁸⁸.

Dividindo os barramentos habilitados por Subsistema do SIN, tem-se:

Tabela 2 – Barramentos Habilitados e Quantidade de Leilões por Subsistema do SIN

Subsistema do SIN	Barramentos	Restrições de Subárea	Restrições de Área	Número de Leilões
Sul	28	4	1	33
Sudeste/Centro-Oeste	46	2	0	48
Nordeste	44	8	1	53
Norte	4	1	0	5
TOTAL	122	15	2	139

Fonte: Elaborada pelo autor com base em ONS (2022b).

²⁸⁷ Ver ONS (2022b).

²⁸⁸ Apenas como referência, considerando-se um certame de 12 horas para que todos os barramentos em questão fossem ofertados, a convergência para cada leilão deveria ocorrer em pouco mais do que cinco minutos, o que, dada a experiência com os leilões do setor, trata-se de algo fora da realidade.

Neste caso, a opção por dividir o certame por subsistemas do SIN ainda manteria a possibilidade de realizar-se até 53 leilões (Subsistema Nordeste)²⁸⁹ para um único ano a ser ofertado.

Por fim, pode-se ainda dividir cada subsistema por estado, o que nos fornece:

Tabela 3 – Barramentos Habilitados e Quantidade de Leilões por Estado do SIN

Estado	Barramentos	Restrições de Subárea	Restrições de Área	Número de Leilões
Paraná	9	1	0	10
Santa Catarina	7	0	0	7
Rio Grande do Sul	12	3	1	16
Subtotal (S)	28	4	1	33
São Paulo	8	0	0	8
Rio de Janeiro	2	0	0	2
Minas Gerais	3	0	0	3
Mato Grosso	7	0	0	7
Goiás	15	2	0	28
Mato Grosso do Sul	11			
Subtotal (SE/CO)	46	2	0	48
Bahia	17	2	0	19
Alagoas	1	0	0	1
Paraíba	3	1	0	4
Pernambuco	9	1	0	10
Rio Grande do Norte	2	1	0	3
Ceará	10	3	1	16
Piauí	2			
Subtotal (NE)	44	8	1	53
Maranhão	3	1	0	4
Tocantins	1	0	0	1
Subtotal (N)	4	1	0	5
TOTAL	122	15	2	139

Fonte: Elaborada pelo autor com base em ONS (2022b).

Essa divisão permitiria a realização de procedimentos organizados a partir de grupos de estados mais correlacionados (e pertencentes a um mesmo subsistema), reduzindo de forma significativa o número de leilões em cada realização do procedimento. No entanto, como contrapartida imediata, seria necessária a realização de uma maior quantidade de procedimentos para a alocação de todas as margens remanescentes no SIN.

²⁸⁹ Novamente considerando-se um certame de 12 horas como referência para que todos os barramentos em questão fossem ofertados, a convergência para cada barramento deveria ocorrer em pouco mais do que treze minutos e meio, o que ainda seria uma estimativa por demais otimista.

15. ANEXOS

15.1 MINUTA INTERNA SPE



MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

Minuta Interna

PORTARIA Nº , DE XX DE DEZEMBRO DE 2022

O **MINISTRO DE ESTADO DE MINAS E ENERGIA**, no uso das atribuições que lhe confere o art. 87, parágrafo único, incisos II e IV, da Constituição, tendo em vista o disposto no art. 31, § 1º, da Lei nº 9.784, de 29 de janeiro de 1999, no art. 18 do Decreto nº 9.830, de 10 de junho de 2019, no Decreto nº 10.893, de 14 de dezembro de 2021, e o que consta no Processo nº 48360.000221/2022-39, resolve:

Art. 1º Divulgar, para Consulta Pública, a minuta de Portaria Normativa contendo a proposta de Sistemática para realização do Procedimento Competitivo para a Contratação de Margem de Escoamento para Acesso ao Sistema Interligado Nacional – SIN, denominado Procedimento Competitivo por Margem – PCM, de que trata o Decreto nº 10.893, de 14 de dezembro de 2021.

Parágrafo único. Os documentos e informações pertinentes podem ser obtidos na página do Ministério de Minas e Energia na internet, no endereço eletrônico www.gov.br/mme, Portal de Consultas Públicas.

Art. 2º As contribuições dos interessados para o aprimoramento da proposta de que trata o art. 1º serão recebidas pelo Ministério de Minas e Energia, por meio do citado Portal, pelo prazo de 30 (trinta) dias, contados a partir da data de publicação desta Portaria.

Art. 3º Esta Portaria entra em vigor na data de sua publicação.

ADOLFO SACHSIDA

ANEXO

MINUTA DE PORTARIA

PORTARIA NORMATIVA Nº /GM/MME, DE DE DE 2022

SISTEMÁTICA PARA O PROCEDIMENTO COMPETITIVO POR MARGEM – PCM

O **MINISTRO DE ESTADO DE MINAS E ENERGIA**, no uso das atribuições que lhe confere o art. 87, parágrafo único, incisos II e IV, da Constituição, tendo em vista o disposto no art. 4º da Lei nº 14.120, de 1º de março de 2021, no art. 2º do Decreto nº 10.893, de 14 de dezembro de 2021, e o que consta do Processo nº 48360.000221/2022-39, resolve:

Art. 1º Estabelecer, nos termos desta Portaria Normativa, do Anexo da Portaria nº 702/GM/MME, de 01 de novembro de 2022 e do Decreto nº 10.893, de 14 de dezembro de 2021, a Sistemática do Procedimento Competitivo para a Contratação de Margem de Escoamento para Acesso ao Sistema Interligado Nacional – SIN, denominado Procedimento Competitivo por Margem – PCM.

CAPÍTULO I

DAS DEFINIÇÕES E ABREVIACÕES

Art. 2º Aplicam-se à presente Portaria os termos técnicos e expressões cujos significados, exceto onde for especificado em contrário, correspondem às seguintes definições:

I – MME: Ministério de Minas e Energia;

II – ANEEL: Agência Nacional de Energia Elétrica;

III – ONS: Operador Nacional do Sistema Elétrico;

IV – AGENTE CUSTODIANTE: instituição responsável pelo recebimento, custódia e eventual execução das GARANTIAS DE PARTICIPAÇÃO por determinação expressa da ENTIDADE COORDENADORA;

V – ÁREA: conjunto de SUBÁREA(S) DO SIN que concorre(m) pelos mesmos recursos de transmissão;

VI – BARRAMENTO: barramento da Rede Básica - RB, Demais Instalações de Transmissão - DIT ou Instalações de Transmissão de Interesse Exclusivo de Centrais de Geração para Conexão Compartilhada - ICG;

VII – BARRAMENTO CANDIDATO: barramento da Rede Básica - RB, Demais Instalações de Transmissão - DIT ou Instalações de Transmissão de Interesse Exclusivo de Centrais de Geração para Conexão Compartilhada - ICG, indicado como barramento de interesse por algum dos EMPREENDIMENTOS cadastrados no PCM, nos termos das DIRETRIZES;

VIII – BARRAMENTO HABILITADO: BARRAMENTO CANDIDATO com MARGEM DE ESCOAMENTO REMANESCENTE disponível para ser ofertada no PCM, conforme cálculos realizados pelo ONS nos termos das DIRETRIZES, do EDITAL, da NOTA TÉCNICA DE METODOLOGIA, PREMISSAS E CRITÉRIOS e da NOTA TÉCNICA DE QUANTITATIVOS DA CAPACIDADE REMANESCENTE DO SIN PARA ESCOAMENTO DE GERAÇÃO;

IX – BARRAMENTO PREFERENCIAL: BARRAMENTO HABILITADO escolhido pelo PROPONENTE COMPRADOR, para participação no PCM, na ETAPA PRÉVIA de cada um dos PRODUTOS;

X – CADASTRAMENTO: etapa de cadastramento dos EMPREENDIMENTOS para o PCM, a ser realizada pelo ONS, nos termos das DIRETRIZES;

XI – COMPRADOR: EMPREENDIMENTO de geração participante do PCM;

XII – DIRETRIZES: diretrizes para realização do PCM estabelecidas em Portaria específica do MME;

XIII – EDITAL: documento, emitido pela ANEEL, ou por entidade por esta designada, que estabelece as regras do PROCEDIMENTO COMPETITIVO;

XIV – EMPREENDIMENTO: central de geração de energia elétrica apta a participar do PCM, conforme condições estabelecidas nas DIRETRIZES, no EDITAL e na SISTEMÁTICA;

XV – ENTIDADE COORDENADORA: ANEEL, ou entidade por esta designada, que terá como função exercer a coordenação do PCM, nos termos das DIRETRIZES;

XVI – ENTIDADE ORGANIZADORA: entidade responsável pelo planejamento e execução de procedimentos inerentes ao PCM, por delegação da ANEEL;

XVII – ETAPA PRÉVIA: etapa antes do início da oferta de cada PRODUTO em que o PROPONENTE COMPRADOR deverá escolher, e indicar no SISTEMA, seu BARRAMENTO PREFERENCIAL;

XVIII – ETAPA ÚNICA: período para definição dos COMPRADORES que sagrar-se-ão VENCEDORES do PCM;

XIX – GARANTIA DE PARTICIPAÇÃO: valor a ser aportado junto ao AGENTE CUSTODIANTE pelos EMPREENDIMENTOS, para participação do procedimento competitivo, conforme estabelecido no EDITAL;

XX – INCREMENTO DE PREÇOS: valor, com duas casas decimais, em Reais por kilowatt (R\$/kW) que, aplicado ao PREÇO CORRENTE atual, resultará no valor do novo PREÇO CORRENTE;

XXI – LANCE: ato irrevogável e irrevogável, praticado pelo COMPRADOR ao declarar sua permanência no LEILÃO ao PREÇO CORRENTE divulgado pelo SISTEMA;

XXII – LEILÃO: processo licitatório a ser realizado para cada BARRAMENTO HABILITADO disponibilizado no PCM;

XXIII – MARGEM CONTRATADA: montante, expresso em kilowatt (kW), de capacidade de transmissão contratada;

XXIV – MARGEM DE ESCOAMENTO: capacidade de escoamento de energia elétrica de um BARRAMENTO, de uma SUBÁREA DO SIN ou de uma ÁREA DO SIN, expressa em kW, calculada nos termos das DIRETRIZES, do EDITAL e da NOTA TÉCNICA DE METODOLOGIA, PREMISSAS E CRITÉRIOS, elaborada pelo ONS;

XXV – MARGEM DE ESCOAMENTO REMANESCENTE: capacidade remanescente de escoamento de energia elétrica dos Barramentos da Rede Básica, DIT e ICG, considerando a MARGEM DE ESCOAMENTO dos BARRAMENTOS, das SUBÁREAS DO SIN e das ÁREAS DO SIN, expressa em kW, nos termos das DIRETRIZES, do EDITAL e da NOTA TÉCNICA DE QUANTITATIVOS DA CAPACIDADE REMANESCENTE DO SIN PARA ESCOAMENTO DE GERAÇÃO;

XXVI – NOTA TÉCNICA DE METODOLOGIA, PREMISSAS E CRITÉRIOS: nota técnica elaborada pelo ONS referente à metodologia, às premissas e aos critérios para definição da MARGEM REMANESCENTE DO SIN PARA ESCOAMENTO DE GERAÇÃO, nos termos das DIRETRIZES e do EDITAL;

XXVII – NOTA TÉCNICA DE QUANTITATIVOS DA CAPACIDADE REMANESCENTE DO SIN PARA ESCOAMENTO DE GERAÇÃO: nota técnica elaborada pelo ONS contendo os quantitativos da MARGEM REMANESCENTE DO SIN PARA ESCOAMENTO DE GERAÇÃO para os barramentos, subáreas e áreas do SIN, nos termos das DIRETRIZES e do EDITAL;

XXVIII – NÚMERO DE VÃOS: número de Entradas de Linha ou Conexões de Transformadores disponíveis no BARRAMENTO CANDIDATO, considerando a disponibilidade física para acesso, conforme estabelecido na NOTA TÉCNICA DE METODOLOGIA, PREMISSAS E CRITÉRIOS, elaborada pelo ONS, nos termos das DIRETRIZES e do EDITAL;

XXIX – PCM: Procedimento Competitivo para a contratação de MARGEM DE ESCOAMENTO para acesso ao SIN;

XXX – POTÊNCIA HABILITADA: Potência a ser injetada pelo EMPREENDIMENTO no ponto de conexão, expressa em kilowatt (kW), nos termos do CADASTRAMENTO e EDITAL.

XXXI – POTÊNCIA: POTÊNCIA HABILITADA de cada EMPREENDIMENTO, expressa em kilowatt (kW);

XXXII – PREÇO CORRENTE: valor, expresso em Reais por kilowatt (R\$/kW), divulgado pelo SISTEMA e associado aos LANCES praticados no PCM;

XXXIII – PREÇO INICIAL: valor definido pelo MME, nos termos da presente Portaria, expresso em Reais por kilowatt (R\$/kW), para cada BARRAMENTO de todos os PRODUTOS;

XXXIV – PREÇO FINAL: valor, expresso em Reais por kilowatt (R\$/kW), associado ao PREÇO CORRENTE ao final do LEILÃO para um determinado BARRAMENTO;

XXXV – PROCEDIMENTO COMPETITIVO: conjunto de todos os LEILÕES, para todos os BARRAMENTOS de todos os PRODUTOS, a serem realizados no PCM;

XXXVI – PRODUTOS: anos contemplados no PCM, conforme estabelecido nas DIRETRIZES, com cada ano correspondendo a um PRODUTO;

XXXVII – PROPONENTE COMPRADOR: empreendedor apto a adquirir margem no PCM, nos termos do EDITAL e DIRETRIZES;

XXXVIII – REPRESENTANTE: pessoa (s) indicada (s) por cada uma das instituições para validação ou inserção de dados no SISTEMA;

XIL – SIN: Sistema Interligado Nacional;

XL – SISTEMA: sistema eletrônico utilizado para a realização do PCM, mediante o emprego de recursos de tecnologia da informação e disponibilizado pela Rede Mundial de Computadores;

XLI – SISTEMÁTICA: conjunto de regras que definem o mecanismo do PCM, conforme estabelecido pelo MME, nos termos da presente Portaria;

XLII – SUBÁREA: subárea da rede elétrica do SIN onde se encontram Subestação(ões) e Linha(s) de Transmissão;

XLIII – TEMPO PARA ESCOLHA DE BARRAMENTO: período, estabelecido nos termos desta Portaria, em que cada PROPONENTE COMPRADOR deverá, durante a ETAPA PRÉVIA, escolher e indicar no SISTEMA seu BARRAMENTO PREFERENCIAL para determinado PRODUTO;

XLIV – TEMPO PARA ACEITE DO LANCE: período, estabelecido nos termos desta Portaria, para que os PROPONENTES COMPRADORES indiquem sua permanência no LEILÃO aos PREÇOS CORRENTES;

XLV – USUÁRIO: agente autorizado a acessar o SISTEMA representando um ou mais PROPONENTES COMPRADORES; e

XLVI – VENCEDOR: PROPONENTE COMPRADOR que se sagre vencedor em algum BARRAMENTO, de algum PRODUTO, adquirindo margem para seu EMPREENDIMENTO via PCM.

CAPÍTULO II

DAS CARACTERÍSTICAS DO PROCEDIMENTO COMPETITIVO

Art. 3º A SISTEMÁTICA do PROCEDIMENTO COMPETITIVO de que trata a presente Portaria possui as características definidas a seguir.

§ 1º O PROCEDIMENTO COMPETITIVO será realizado via SISTEMA, mediante o emprego de recursos de tecnologia da informação e comunicação via Rede Mundial de Computadores - Internet.

§ 2º São de responsabilidade exclusiva dos REPRESENTANTES dos PROPONENTES COMPRADORES a alocação e a manutenção dos meios necessários para a conexão, o acesso ao SISTEMA e a participação no PROCEDIMENTO COMPETITIVO, incluindo, mas não se limitando a eles, meios alternativos de conexão e acesso a partir de diferentes localidades.

§ 3º Cada PROPONENTE COMPRADOR deverá estar associado a um único USUÁRIO no SISTEMA para participação no PROCEDIMENTO COMPETITIVO podendo, no entanto, um mesmo USUÁRIO no SISTEMA estar associado a mais de um PROPONENTE COMPRADOR.

§ 4º O PROCEDIMENTO COMPETITIVO será composto de LEILÕES para BARRAMENTOS em ETAPA ÚNICA, contínua e de valores ascendentes, na qual os PROPONENTES COMPRADORES deverão indicar, dentro de um intervalo de tempo pré-estabelecido, sua permanência no LEILÃO aos PREÇOS CORRENTES.

§ 5º Toda inserção dos dados deverá ser auditável.

§ 6º Iniciado o PROCEDIMENTO COMPETITIVO, não haverá prazo para o seu encerramento.

§ 7º Na hipótese do PROCEDIMENTO COMPETITIVO se prolongar além do tempo de duração inicialmente previsto, a ENTIDADE COORDENADORA poderá, a seu critério, interromper a sessão para retomada no dia seguinte. O tempo de duração inicialmente previsto, os critérios para interrupção e os procedimentos para retomada da sessão serão estabelecidos no EDITAL.

§ 8º O PROCEDIMENTO COMPETITIVO poderá ser temporariamente suspenso em decorrência de fatos supervenientes, a critério da ENTIDADE COORDENADORA.

§ 9º Durante a configuração do PROCEDIMENTO COMPETITIVO, sua realização e após o seu encerramento, o MME, o ONS, a ANEEL, a ENTIDADE COORDENADORA e a ENTIDADE ORGANIZADORA deverão observar o disposto no art. 5º, § 2º, do Decreto nº 7.724, de 16 de maio de 2012, com relação a todas as informações do PROCEDIMENTO COMPETITIVO, excetuando-se o disposto no §5º do art. 4º e a divulgação do resultado estabelecida no art. 12.

CAPÍTULO III DA CONFIGURAÇÃO DO SISTEMA

Art. 4º A configuração do SISTEMA será realizada conforme definido a seguir.

§ 1º Os REPRESENTANTES da ENTIDADE COORDENADORA validarão no SISTEMA, antes do início do PROCEDIMENTO COMPETITIVO, os seguintes dados:

I - o PREÇO INICIAL para cada BARRAMENTO HABILITADO, em cada um dos PRODUTOS;

II - o TEMPO PARA ACEITE DO LANCE; e

III - o INCREMENTO DE PREÇOS;

§ 2º A ENTIDADE ORGANIZADORA validará no SISTEMA, antes do início do PROCEDIMENTO COMPETITIVO, as GARANTIAS DE PARTICIPAÇÃO aportadas pelos PROPONENTES COMPRADORES, com base em informações fornecidas pelo AGENTE CUSTODIANTE.

§ 3º Os REPRESENTANTES do ONS inserirão e validarão no SISTEMA, antes do início do PROCEDIMENTO COMPETITIVO:

I - o valor correspondente à POTÊNCIA, expresso em kilowatt (kW), para cada EMPREENDIMENTO;

II - a MARGEM DE ESCOAMENTO REMANESCENTE de cada BARRAMENTO HABILITADO, expressa em kilowatt (kW);

III - o NÚMERO DE VÃOS de cada BARRAMENTO HABILITADO, expresso em número inteiro positivo;

IV - a SUBÁREA DO SIN onde se encontra cada BARRAMENTO HABILITADO;

V - a MARGEM DE ESCOAMENTO REMANESCENTE de cada SUBÁREA DO SIN habilitada, expressa em kilowatt (kW);

VI - a ÁREA DO SIN onde se encontra cada SUBÁREA DO SIN habilitada; e

VII - a MARGEM DE ESCOAMENTO REMANESCENTE de cada ÁREA DO SIN habilitada, expressa em kilowatt (kW).

§ 4º A inserção dos dados estabelecida no § 3º deverá ser realizada nos termos das DIRETRIZES, do EDITAL, da NOTA TÉCNICA DE METODOLOGIA, PREMISSAS E CRITÉRIOS e da NOTA TÉCNICA DE QUANTITATIVOS DE CAPACIDADE REMANESCENTE DO SIN PARA ESCOAMENTO DE GERAÇÃO, elaborada pelo ONS, bem como das informações obtidas a partir do CADASTRAMENTO dos EMPREENDIMENTOS, realizado pelo ONS nos termos das DIRETRIZES.

§ 5º Das informações inseridas no SISTEMA para o PROCEDIMENTO COMPETITIVO, serão disponibilizadas aos PROPONENTES COMPRADORES, durante a realização dos LEILÕES:

I – o PREÇO INICIAL;

II – o PREÇO CORRENTE;

III – o número de PROPONENTES COMPRADORES remanescentes na rodada corrente (mantendo anônima a identificação dos EMPREENDIMENTOS);

IV – a POTÊNCIA total dos PROPONENTES COMPRADORES remanescentes na rodada corrente (mantendo anônima a identificação dos EMPREENDIMENTOS);

V – a existência de restrições de SUBÁREA para o BARRAMENTO do LEILÃO;

VI – a existência de restrições de ÁREA para o BARRAMENTO do LEILÃO;

VII – a existência de NÚMERO DE VÃOS inferior ao número de PROPONENTES COMPRADORES remanescentes na rodada corrente para o BARRAMENTO do LEILÃO; e

VIII – a MARGEM DE ESCOAMENTO REMANESCENTE disponível para o BARRAMENTO antes do início do LEILÃO.

CAPÍTULO IV

DAS ETAPAS DO PROCEDIMENTO COMPETITIVO

Seção I

Dos Diferentes Produtos

Art. 5º Os diferentes PRODUTOS constantes no PROCEDIMENTO COMPETITIVO serão ofertados sequencialmente, em ordem crescente de seus respectivos anos.

§ 1º Antes do início da oferta de cada PRODUTO haverá uma ETAPA PRÉVIA em que cada PROPONENTE COMPRADOR deverá escolher, e indicar no SISTEMA, seu BARRAMENTO PREFERENCIAL para tal PRODUTO.

I – O SISTEMA aceitará LANCES **apenas** para o BARRAMENTO PREFERENCIAL indicado pelo PROPONENTE COMPRADOR na ETAPA PRÉVIA.

II – A escolha do BARRAMENTO PREFERENCIAL será validada pelo SISTEMA apenas se a POTÊNCIA do EMPREENDIMENTO for menor ou igual do que MARGEM DE ESCOAMENTO REMANESCENTE no BARRAMENTO HABILITADO escolhido.

III – Caso a escolha do BARRAMENTO PREFERENCIAL não seja validada pelo SISTEMA, em função do disposto no inciso II, o PROPONENTE COMPRADOR poderá realizar nova escolha enquanto não se esgotar o TEMPO PARA ESCOLHA DE BARRAMENTO da ETAPA PRÉVIA.

IV – No caso de o PROPONENTE COMPRADOR escolher um BARRAMENTO cuja POTÊNCIA do EMPREENDIMENTO seja maior do que MARGEM DE ESCOAMENTO REMANESCENTE no BARRAMENTO escolhido, ou não realizar escolha alguma até o final da ETAPA PRÉVIA, ele estará automaticamente desclassificado do PRODUTO em questão.

V – O TEMPO PARA ESCOLHA DE BARRAMENTO da ETAPA PRÉVIA será de **5 (cinco) minutos**.

VI – Na ETAPA PRÉVIA serão disponibilizadas aos PROPONENTES COMPRADORES as informações atualizadas referentes a MARGEM DE ESCOAMENTO REMANESCENTE de cada BARRAMENTO HABILITADO para o PRODUTO a ser disponibilizado na sequência, discriminadas por subsistemas do SIN.

§ 2º Em cada PRODUTO serão realizados, **simultaneamente**, um LEILÃO para cada BARRAMENTO HABILITADO que tenha sido escolhido como BARRAMENTO PREFERENCIAL por algum PROPONENTE COMPRADOR no PRODUTO em questão.

§ 3º Os LEILÕES para os BARRAMENTOS de determinado PRODUTO iniciarão apenas após o SISTEMA encerrar os LEILÕES de todos os BARRAMENTOS do PRODUTO anterior, incluindo as rodadas adicionais descritas na Seção III para os casos de restrições em área e subárea.

Seção II

Dos Leilões para os Barramentos

Art. 6º Os LEILÕES para os BARRAMENTOS serão compostos de uma ETAPA ÚNICA, contínua e de valores ascendentes, na qual os PROPONENTES COMPRADORES deverão indicar, dentro do intervalo de tempo pré-estabelecido pelo TEMPO DE ACEITE DO LANCE, sua permanência no LEILÃO aos PREÇOS CORRENTES.

Parágrafo Único. Os LEILÕES para os BARRAMENTOS de determinado PRODUTO serão todos realizados **simultaneamente**.

Art. 7º A ETAPA ÚNICA para cada BARRAMENTO a ser disponibilizado nos LEILÕES será realizada conforme disposto a seguir.

§ 1º Os preços serão expressos em Reais por kilowatt (R\$/kW) e serão referentes a adiantamentos a serem revertidos em abatimentos nos encargos de transmissão dos VENCEDORES (nos termos das DIRETRIZES).

§ 2º O SISTEMA iniciará o procedimento no PREÇO INICIAL do BARRAMENTO.

§ 3º Observando o TEMPO PARA ACEITE DO LANCE os PROPONENTES COMPRADORES deverão indicar sua permanência no LEILÃO ao PREÇO CORRENTE.

I – ao não indicar sua permanência no LEILÃO ao PREÇO CORRENTE, dentro do TEMPO PARA ACEITE DO LANCE, o PROPONENTE COMPRADOR estará automaticamente desclassificado do LEILÃO em questão;

II – um PROPONENTE COMPRADOR desclassificado de um LEILÃO no PRODUTO corrente poderá voltar a participar do PROCEDIMENTO COMPETITIVO apenas no PRODUTO seguinte (quando houver);

III – o PROPONENTE COMPRADOR expressará, ao indicar sua permanência no LEILÃO, sua concordância com as condições dispostas nas DIRETRIZES em relação às condições e regramentos pertinentes ao NÚMERO DE VÃOS disponíveis no BARRAMENTO (inclusive, quando for o caso, a concordância em, por sua conta e risco, utilizar Conexão Compartilhada, nos termos estabelecidos nas DIRETRIZES).

§ 4º Ao término do TEMPO PARA ACEITE DO LANCE, caso a demanda por margem no BARRAMENTO, ao PREÇO CORRENTE, seja menor ou igual do que a MARGEM DE ESCOAMENTO REMANESCENTE:

I – o SISTEMA encerrará o LEILÃO para o BARRAMENTO em questão;

II – os PROPONENTES COMPRADORES remanescente serão declarados os VENCEDORES para o BARRAMENTO; e

III – o PREÇO FINAL, a ser utilizado no cálculo do valor a ser pago pelos VENCEDORES, corresponderá ao PREÇO CORRENTE.

§ 5º Ao término do TEMPO PARA ACEITE DO LANCE, caso a demanda por margem no BARRAMENTO, ao PREÇO CORRENTE, seja maior do que a MARGEM DE ESCOAMENTO REMANESCENTE, o SISTEMA calculará o novo PREÇO CORRENTE, que será determinado conforme critério para INCREMENTO DE PREÇOS descrito na Seção VI.

§ 6º A cada INCREMENTO DE PREÇOS, o SISTEMA reiniciará o TEMPO PARA ACEITE DO LANCE.

§ 7º A ETAPA ÚNICA para determinado BARRAMENTO continuará, conforme disposto nos § 3º, § 4º, § 5º e § 6º, até que a demanda por margem neste BARRAMENTO seja menor ou igual a sua MARGEM DE ESCOAMENTO REMANESCENTE.

§ 8º No caso de um INCREMENTO DE PREÇOS frustrar toda a demanda por margem no BARRAMENTO, o SISTEMA retornará ao PREÇO CORRENTE anterior e:

I – encerrará o LEILÃO para o BARRAMENTO em questão;

II – classificará os EMPREENDIMENTOS por ordem decrescente de POTÊNCIA e, caso persista algum empate, pela ordem cronológica de sinalização de permanência;

III – os PROPONENTES COMPRADORES melhores colocados, conforme classificação disposta no inciso II, que preencham a MARGEM DE ESCOAMENTO REMANESCENTE, serão declarados os VENCEDORES para o BARRAMENTO; e

IV – o PREÇO FINAL, a ser utilizado no cálculo do valor a ser pago pelos VENCEDORES, corresponderá ao PREÇO CORRENTE.

§ 9º Após o encerramento do LEILÃO para um BARRAMENTO em determinado PRODUTO, no caso de existência de MARGEM DE ESCOAMENTO REMANESCENTE residual e não sendo aplicável o disposto no § 8º, esta margem deverá ser considerada para tal BARRAMENTO no PRODUTO seguinte (quando houver).

Seção III

Das Restrições de Área e Subárea

Art. 8º Nos casos em que existirem condições mais restritivas que a restrição individual dos BARRAMENTOS, as restrições de ÁREA e SUBÁREA pertinentes serão consideradas conforme disposto a seguir.

§ 1º Quando houver apenas restrição de SUBÁREA, após a determinação de todos os VENCEDORES dos BARRAMENTOS da SUBÁREA em questão, estes VENCEDORES deverão participar de um LEILÃO adicional, conforme etapas descritas na Seção II, mas neste caso concorrendo pela MARGEM DE ESCOAMENTO REMANESCENTE da SUBÁREA.

§ 2º Quando houver restrições de ÁREA e SUBÁREA, após a determinação de todos os VENCEDORES dos BARRAMENTOS pertencentes a ÁREA em questão:

I – inicialmente, para cada SUBÁREA com restrições, os VENCEDORES de seus BARRAMENTOS deverão participar de um LEILÃO adicional, conforme etapas descritas na Seção II, mas neste caso concorrendo pela MARGEM DE ESCOAMENTO REMANESCENTE da SUBÁREA em questão.

II – na sequência, os VENCEDORES das SUBÁREAS com restrições, determinados a partir do procedimento descrito no inciso I, em conjunto com os VENCEDORES dos demais BARRAMENTOS da ÁREA, que não possuíam condições mais restritivas que às restrições individuais, deverão participar de outro LEILÃO adicional, conforme etapas descritas na Seção II, mas neste caso concorrendo pela MARGEM DE ESCOAMENTO REMANESCENTE da ÁREA.

Seção IV

Do Tempo para Aceite do Lance

Art. 9º Para a ETAPA ÚNICA de todos os LEILÕES, incluindo aqueles referentes ao disposto na Seção III, o TEMPO PARA ACEITE DO LANCE será, inicialmente, de **1 (um) minuto**.

Parágrafo Único. A ENTIDADE COORDENADORA poderá, no decorrer do LEILÃO, alterar o TEMPO PARA ACEITE DO LANCE, mediante comunicação via SISTEMA aos PROPONENTES COMPRADORES, conforme critério previsto em EDITAL.

Seção V

Do Preço Inicial

Art. 10. O PREÇO INICIAL para os LEILÕES de todos os BARRAMENTOS será de **R\$ 0,00** por kW.

Parágrafo Único. No caso dos LEILÕES adicionais a serem realizados por existência de condições mais restritivas que a restrição individual dos BARRAMENTOS, conforme descrito na Seção III, o PREÇO INICIAL será:

I – quando houver apenas restrições de SUBÁREA: o menor PREÇO FINAL obtido nos LEILÕES dos BARRAMENTOS envolvidos; ou

II – quando houver restrições de ÁREA e SUBÁREA: o menor PREÇO FINAL dentre os valores obtido nos LEILÕES dos BARRAMENTOS envolvidos que não possuíam condições mais restritivas que às restrições individuais e os valores obtidos nos LEILÕES adicionais realizados para as SUBÁREAS envolvidas que possuíam restrições.

Seção VI

Do Critério para Incremento de Preços

Art. 11. Para a ETAPA ÚNICA de todos os LEILÕES, incluindo aqueles referentes ao disposto na Seção III, o INCREMENTO DE PREÇOS será, inicialmente, sempre de **R\$ 1,00** por kW.

§ 1º O novo PREÇO CORRENTE será obtido a partir da soma do INCREMENTO DE PREÇOS ao PREÇO CORRENTE atual.

§ 2º A ENTIDADE COORDENADORA poderá, no decorrer do LEILÃO, alterar o INCREMENTO DE PREÇOS, mediante comunicação via SISTEMA aos PROPONENTES COMPRADORES, conforme critério previsto em EDITAL.

CAPÍTULO V

DO ENCERRAMENTO, DIVULGAÇÃO DOS RESULTADOS E CELEBRAÇÃO DOS CUST

Art. 12. O encerramento do PROCEDIMENTO COMPETITIVO, a divulgação dos resultados e a celebração dos Contratos de Uso do Sistema de Transmissão - CUST dar-se-ão conforme disposto a seguir.

§ 1º Observadas as condições de habilitação estabelecidas pela ENTIDADE ORGANIZADORA, aos VENCEDORES ao término do PCM implicará obrigação incondicional de celebração do respectivo CUST, com base na MARGEM CONTRATADA e no disposto nas DIRETRIZES e EDITAL.

§ 2º O valor a ser pago pelos EMPREENDIMENTOS VENCEDORES será o PREÇO FINAL do LEILÃO em seu BARRAMENTO (em R\$/kW), conforme § 4º do Art. 7º, multiplicado pela POTÊNCIA do EMPREENDIMENTO (em kW).

§ 3º O resultado será divulgado imediatamente após o término do certame pela ENTIDADE COORDENADORA, conforme previsto no EDITAL.



Documento assinado eletronicamente por **Lucas Santos e Silva, Assessor(a)**, em 19/12/2022, às 10:03, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

Documento assinado eletronicamente por **Frederico de Araujo Teles, Secretário-Adjunto de Planejamento e Desenvolvimento Energético**, em 19/12/2022, às 12:09, conforme



horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Marina Delmondes de Carvalho Rossi, Diretor(a) do Departamento de Desenvolvimento Energético**, em 19/12/2022, às 12:14, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Thiago Guilherme Ferreira Prado, Diretor(a) do Departamento de Planejamento Energético**, em 19/12/2022, às 15:44, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **José Guilherme de Lara Resende, Secretário de Planejamento e Desenvolvimento Energético**, em 19/12/2022, às 15:48, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://www.mme.gov.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0703242** e o código CRC **29137D5C**.

15.2 NOTA TÉCNICA Nº 5/2002/SPE



MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

NOTA TÉCNICA Nº 5/2022/SPE

PROCESSO Nº 48360.000221/2022-39**INTERESSADO: DEPARTAMENTO DE PLANEJAMENTO ENERGÉTICO****1. ASSUNTO**

1.1. Abertura de Consulta Pública acerca da sistemática para realização do Procedimento Competitivo para a Contratação de Margem de Escoamento para Acesso ao Sistema Interligado Nacional – SIN, denominado Procedimento Competitivo por Margem – PCM.

2. REFERÊNCIAS

- 2.1. Processo 48360.000221/2022-39
- 2.2. Portaria nº 702/GM/MME de 01 de novembro de 2022 (SEI nº 0688475)
- 2.3. Nota Técnica nº 197/2022/DPE/SPE (SEI nº 0687879)
- 2.4. Decreto nº 10.893, de 14 de janeiro de 2021
- 2.5. Lei nº 14.120, de 1º de março de 2021

3. SUMÁRIO EXECUTIVO

3.1. O objetivo desta Nota Técnica é o de apresentar a minuta de portaria que estabelece a sistemática a ser aplicada na realização do Procedimento Competitivo para a Contratação de Margem de Escoamento para Acesso ao Sistema Interligado Nacional – SIN, tendo em vista o disposto no art. 4º, da Lei nº 14.120, de 1º de março de 2021, e o disposto no art. 2º do Decreto nº 10.893, de 14 de dezembro de 2021.

4. CONTEXTUALIZAÇÃO

4.1. Por meio da Consulta Pública nº 141/2022, o Ministério de Minas e Energia - MME divulgou minuta de portaria contendo a proposta de regulamentação das diretrizes para o Procedimento Competitivo para a Contratação de Margem de Escoamento para Acesso ao Sistema Interligado Nacional – SIN, denominado Procedimento Competitivo por Margem – PCM e recebeu contribuições no período de 03 de novembro de 2022 a 05 de dezembro de 2022. Atualmente encontra-se em andamento o processo de consolidação das contribuições recebidas, para que então se proceda com a publicação da Portaria de Diretrizes para o PCM.

4.2. O objetivo do certame em questão é possibilitar a disputa pela capacidade remanescente do SIN para escoamento de geração pela Rede Básica - RB, Demais Instalações de Transmissão - DIT e Instalação de Transmissão de Interesse Exclusivo de Centrais de Geração para Conexão Compartilhada - ICG. A adoção de um procedimento competitivo visa a otimizar os recursos disponíveis e planejados para o serviço público de transmissão de energia

elétrica vis-à-vis ao elevado número de projetos de geração que se encontram com solicitação de outorga protocolados na Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL.

4.3. Em linhas gerais, tem-se que a rápida expansão das fontes renováveis nos últimos anos, em conjunto com o aumento do número de pedidos por outorgas decorrente da sanção da Lei nº 14.120 de 2021, gerou um cenário com um número extremamente elevado de agentes buscando acesso ao sistema de transmissão, número este superior à capacidade de atendimento do sistema e superior também à própria demanda da carga projetada para horizontes suficientemente longos.

4.4. Tais fatos estabeleceram, portanto, grande competição pelo sistema de transmissão, via sua respectiva margem de escoamento, o que passou a caracterizar claramente esse sistema como um recurso escasso (ao contrário do que ocorria no passado), com limites econômicos e técnicos para atendimento aos interessados, assim como para realização de expansões.

4.5. Diante de tal cenário, entende-se que o processo atualmente vigente para acesso à transmissão, que se utiliza de um critério de fila (ordem cronológica), deixa de ser adequado e, a adoção de um mecanismo competitivo para contratação de margem passa a ser necessário, de forma a garantir assim maior eficiência alocativa no processo e maior segurança ao investimento. Esse mecanismo passou a ser previsto a partir do Decreto nº 10.893, de 14 de janeiro de 2021.

4.6. Tal configuração permite ainda, além da alocação mais adequada dos recursos, a adoção de um procedimento que incentive a concorrência e um elevado nível de transparência.

4.7. Adicionalmente, além dos pontos acima destacados, o desenho deste tipo de mecanismo permite buscar outros atributos desejáveis ao processo, como a maximização do uso da rede e o aumento do nível de “*enforcement*” para que os vencedores sejam empreendimentos que de fato irão concretizar a ocupação da margem remanescente na rede.

4.8. Ressalta-se ainda que o processo busca soluções que otimizam, simplificam e tornam mais eficazes os processos do Operador Nacional do Sistema Elétrico - ONS e da ANEEL referentes, respectivamente, à Informação de Acesso/Parecer de Acesso e Emissão de Outorgas. Esse resultado será ainda mais significativo no caso de continuidade de utilização deste procedimento após a realização do PCM de 2023 e, principalmente, com a adoção deste como solução estrutural para a disponibilização de acesso ao SIN a partir de “*Temporadas de Acesso*”.

4.9. Destaca-se que toda a fundamentação jurídica e técnica para implementação do procedimento encontra-se devidamente apresentada e detalhada na Nota Técnica nº 197/2022/DPE/SPE (SEI nº 0687879), sendo o foco da presente nota apresentar a sistemática a ser adotada na realização do procedimento.

4.10. Por fim, a proposta de sistemática aqui abordada, assim como a minuta de portaria cuja Consulta Pública é aqui proposta, refletem majoritariamente as diretrizes constantes na minuta de portaria disponibilizada na Consulta Pública nº 141, de 03 de novembro de 2022, cujo processo de análise e consolidação, conforme mencionado anteriormente, encontra-se atualmente em andamento.

4.11. Caso o processo de consolidação da Portaria de Diretrizes identifique algum aspecto que porventura impacte no texto aqui proposto para a sistemática (ainda que a princípio separou-se ao máximo o escopo das duas portarias, de forma que eventuais

sobreposições fossem evitadas e que os processos pudessem seguir em paralelo), tal aspecto, e sua respectiva adequação, será devidamente considerada na consolidação da sistemática.

4.12. No entanto, **um aspecto cuja alteração já é considerada na versão consolidada da Portaria de Diretrizes e cuja alteração já é aqui adotada diz respeito ao formato dos lances, que ao invés de contemplarem pagamentos à vista, passarão a considerar adiantamentos revertidos em abatimentos nos encargos de transmissão dos vencedores** (sendo que um maior detalhamento acerca dessa opção será devidamente apresentado na versão final da Portaria de Diretrizes).

5. CONSULTA PÚBLICA

5.1. A Consulta Pública é um instrumento de apoio e fortalecimento à tomada de decisão, por meio do qual a sociedade é consultada previamente. Desta forma, entende-se que a proposta de sistemática para esse procedimento competitivo deve ser submetida à Consulta Pública, oportunidade pela qual os agentes envolvidos poderão enviar críticas, sugestões e contribuições às propostas apresentadas pela Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Energético.

5.2. Nesse sentido, o objetivo da presente Nota Técnica é propor a Consulta Pública para recebimento de contribuições acerca da minuta de portaria que estabelece a sistemática para a realização do 1º Procedimento Competitivo por Margem, a ser realizado no 1º semestre de 2023.

6. DESCRIÇÃO GERAL DA MINUTA DE PORTARIA

6.1. A minuta de portaria inicia com seu texto inicial, incluindo o Art. 1º, que estabelece o objetivo do ato administrativo, nos termos da Portaria, do Anexo da Portaria nº 702/GM/MME, de 1º de novembro de 2022, que consta no Processo nº 48360.000221/2022-39 e do Decreto nº 10.893, de 14 de dezembro de 2021, sendo este objetivo o estabelecimento da sistemática a ser adotada para o Procedimento Competitivo para a Contratação de Margem de Escoamento para Acesso ao Sistema Interligado Nacional – SIN.

6.2. Após esta parte inicial, a minuta é dividida em 5 (cinco) capítulos, a saber:

- I - Das Definições e Abreviações
- II - Das Características do Procedimento Competitivo
- III - Da Configuração do Sistema
- IV - Das Etapas do Procedimento Competitivo
- V - Do Encerramento, Divulgação dos Resultados e Celebração dos CUST

6.3. O primeiro capítulo, do qual faz parte apenas o Art. 2º, consiste basicamente na listagem e definição dos termos utilizados ao longo do texto da Portaria.

6.4. No segundo capítulo, a partir do Art. 3º e seus respectivos parágrafos, estabelece-se as características mais gerais do procedimento, incluindo seu meio de realização, responsabilidades dos participantes, formato geral dos leilões a serem adotados, auditabilidade dos dados inseridos e definições acerca do tempo de realização do certame e eventuais possibilidades de paralisação. Adicionalmente, define-se também os critérios a serem seguidos em relação à confidencialidade dos dados, conforme disposto no art. 5º, § 2º, do Decreto nº 7.724, de 16 de maio de 2012.

6.5. O terceiro capítulo define os detalhes acerca da configuração do sistema, indicando os dados que deverão ser considerados e as entidades responsáveis pela inserção

e/ou validação destes no sistema. Indica-se também as informações que deverão estar disponíveis aos participantes do leilão durante a realização do certame, em concordância com o formato a ser adotado e com os objetivos almejados para o mecanismos proposto.

6.6. O quarto e maior capítulo apresenta o detalhamento do procedimento competitivo propriamente dito, sendo que para isso realiza-se uma divisão em seis seções, com o objetivo de permitir assim uma melhor compreensão de cada item específico.

6.7. A primeira seção aborda os diferentes produtos a serem disponibilizados no PCM, bem como os critérios que serão adotados para tal disponibilização. Já a segunda seção detalha o formato dos leilões a serem adotados para os barramentos, incluindo critérios de desempate e tratamento de eventuais margens residuais. Na terceira seção se estabelece as disposições a serem seguidas no caso de existirem condições mais restritivas do que as restrições individuais dos barramentos (restrições de área e subárea). As seções restantes estabelecem os parâmetros a serem considerados no procedimento, a saber, o “Tempo para Aceite do Lance”, o “Preço Inicial” e o “Critério para Incremento de Preços”.

6.8. Por fim, o quinto capítulo estabelece as condições gerais referentes ao encerramento do procedimento, a divulgação de seus resultados e a celebração dos Contrato de Uso do Sistema de Transmissão - CUST, estes dois últimos nos termos do Edital do certame e da Portaria de Diretrizes.

7. ANÁLISE

7.1. O objetivo desta seção é apresentar um maior detalhamento da sistemática proposta para o PCM a ser realizado em 2023.

7.2. Uma vez que não há maiores inovações em relação aos itens apresentados nos capítulos I, II, III e V da minuta de portaria proposta, que seguem características similares às adotadas em outros leilões realizados no setor, aqui será dado maior foco aos aspectos do capítulo IV, que apresenta as maiores mudanças propostas para este certame. Especificamente em relação ao capítulo V, ainda que ele trate da assinatura de CUST (e não de Contrato de Compra de Energia no Ambiente Regulado - CCEAR, como de costume), os detalhes pertinentes a tal aspecto já estão devidamente detalhados na minuta de Portaria de Diretrizes (SEI nº 0663211).

7.3. Ainda assim, vale anteriormente ressaltar dois pontos apresentados nos capítulos II e III, que trazem também certa alteração em relação ao usualmente adotado e que estão diretamente relacionados a aspectos que serão detalhados para o capítulo IV.

7.4. No que diz respeito ao ponto mencionado para o capítulo II, trata-se do disposto no § 6º do art. 3º, que indica que uma vez iniciado o procedimento competitivo, não haverá prazo para o seu encerramento. Neste caso, além de tratar-se de uma boa prática em geral para leilões, de forma que o certame se encerre apenas quando de fato exista uma convergência nos preços finais, entende-se este item como particularmente relevante neste caso, por tratar-se de um procedimento novo, para o qual os participantes, incluindo a entidade coordenadora, não possuem informações prévias sobre o real valor do bem que está sendo leiloado.

7.5. Importante notar que, neste caso, a inclusão deste ponto levou a necessidade de considerar-se também o disposto no § 7º do art. 3º, que estabelece a possibilidade de interrupção de seção pela entidade coordenadora caso o procedimento se estenda para além de um tempo de duração inicialmente previsto.

7.6. Em relação ao ponto do capítulo III, este refere-se às informações que deverão ser disponibilizadas aos participantes durante a realização dos leilões. Além do Preço Inicial e Preço Corrente, usualmente já disponibilizados nos certames realizados no setor, aqui opta-se ainda pela disponibilização das seguintes informações:

- I - Número de participantes remanescentes na rodada corrente (mantendo anônima a identificação dos empreendimentos);
- II - Potência total dos participantes remanescentes na rodada corrente (mantendo anônima a identificação dos empreendimentos);
- III - Existência de restrições de subárea para o barramento do leilão;
- IV - Existência de restrições de área para o barramento do leilão;
- V - Existência de número de vãos inferior ao número de participantes remanescentes na rodada corrente para o barramento do leilão; e
- VI - Margem de Escoamento Remanescente disponível para o barramento antes do início do leilão.

7.7. No caso dos itens (I) e (II), a apresentação de tais dados está diretamente associada ao formato de leilão adotado e aos resultados desejados com tal opção, conforme será melhor explicado no detalhamento do capítulo IV.

7.8. A apresentação dos itens (III) e (IV) tem como intenção sinalizar aos participantes em questão que, ao término do leilão em andamento eles ainda não terão se sagrado vencedores, dado que, por estarem em uma área e/ou subárea com restrição, ainda precisarão passar por leilão adicional (conforme detalhado na portaria e também explicado na sequência, onde aborda-se as questões referentes ao capítulo IV).

7.9. O item (V) sinaliza aos participantes a eventual existência de número de vãos inferior ao número de participantes remanescentes na rodada corrente para o barramento do leilão. Nesta situação, caso o participante indique sua permanência no leilão ao preço corrente, ele automaticamente expressa sua concordância com as condições dispostas na Portaria de Diretrizes e no ato de cadastramento (inclusive, quando for o caso, a concordância em, por sua conta e risco, utilizar Conexão Compartilhada, também nos termos estabelecidos nas diretrizes).

7.10. Por fim, a disponibilização do item (VI) diz respeito apenas ao fato deste ser o bem que está leiloado (lembrando que os participantes já terão acesso a tal informação quando da divulgação do mapa de margens pelo ONS, assim como na etapa prévia antes de cada produto, que é melhor detalhada na sequência).

CAPÍTULO IV – DAS ETAPAS DO PROCEDIMENTO COMPETITIVO

7.11. De modo a facilitar a leitura e a compreensão, esta seção está aqui dividida em seis blocos, conforme apresentados na sequência.

I. Dos Diferentes Produtos

7.12. O PCM contemplará as margens disponíveis em todo o horizonte vigente no Plano de Ampliações e Reforços – PAR do ONS, sendo que cada ano do PAR constitui um produto específico, com cada produto sendo disponibilizado sequencialmente, em ordem crescente.

7.13. Para cada produto a ser disponibilizado, serão ofertados, **simultaneamente**, todos os barramentos que venham a ser habilitados para o PCM, conforme indicações e

escolhas prévias dos participantes e de acordo com as margens disponíveis divulgadas pelo ONS.

ii. Dos Barramentos Habilitados

7.14. Conforme estabelecido na Portaria de Diretrizes, no ato de cadastramento os participantes elegíveis ao PCM poderão indicar até 3 (três) barramentos candidatos, para fins de cálculo das margens de escoamento que serão disponibilizadas no procedimento.

7.15. Em posse de tais indicações, o ONS irá calcular e divulgar as margens de escoamento remanescentes disponíveis nos barramentos candidatos, estando habilitados para o procedimento competitivo os barramentos indicados que possuírem alguma margem de escoamento remanescente.

iii. Da Etapa Prévia

7.16. Independentemente das 3 (três) opções indicadas na etapa de cadastramento, os empreendimentos poderão competir por qualquer barramento habilitado no PCM.

7.17. Antes do início da oferta de cada produto haverá uma etapa prévia em que cada participante deverá escolher seu barramento preferencial para tal produto, podendo o participante concorrer, no produto em questão, apenas neste barramento escolhido.

7.18. **As propostas acima descritas em relação a:**

- disponibilização de diferentes produtos em um mesmo procedimento;
- possibilidade de indicação de 3 (três) barramentos por cada participante;
- possibilidades de competição em qualquer barramento habilitado; e
- escolha do barramento preferencial em etapa prévia antes de cada produto;

têm como objetivo primordial o desenho de um mecanismo que proporcione maior eficiência na alocação dos recursos de transmissão e a maximização do uso da rede, mantendo-se um nível de complexidade adequado para um procedimento a ser realizado pela primeira vez.

7.19. A continuidade na adoção deste procedimento após a realização do PCM 2023 e, principalmente, a opção por este como solução estrutural para a disponibilização de acesso ao SIN pode permitir o desenvolvimento de soluções diferentes, não apenas levando-se em conta os resultados e aprendizados do primeiro processo, mas também buscando-se soluções mais adequadas para uma eventual solução definitiva (incorporando ganhos de processos e eficiência que não podem ser capturados nesta primeira realização).

iv. Dos Leilões para os Barramentos

7.20. Uma vez que todos os participantes tenham escolhido seu barramento preferencial no produto (ou optado por não concorrer em nenhum barramento neste produto), serão realizados, **simultaneamente**, um leilão para cada barramento habilitado que tenha sido escolhido como barramento preferencial por algum participante no produto em questão.

7.21. Cada empreendimento poderá concorrer **unicamente** no barramento que tenha escolhido como preferencial para o produto corrente.

7.22. Os leilões para os barramentos de determinado produto iniciarão apenas após o encerramento dos leilões de todos os barramentos do produto anterior, incluindo as rodadas adicionais necessárias para os casos com restrições de área e/ou subárea.

7.23. Os leilões para cada barramento serão realizados em etapa única, contínua e de valores ascendentes, na qual os participantes deverão indicar, dentro de um intervalo de tempo pré-estabelecido, sua permanência no leilão aos preços correntes (em R\$/kW). O leilão em cada barramento continuará até que a demanda por margem no barramento em questão seja menor ou igual a margem de escoamento remanescente disponível.

7.24. **A opção por tal formato de leilão tem como principal objetivo reduzir a complexidade informacional do lance e promover um efeito “disclosure”, dois aspectos característicos do formato adotado e relevantes para um procedimento novo como o que está sendo proposto (ajudando assim a mitigar o risco do que é conhecido na literatura como “Winner’s Curse”).**

7.25. No caso de um incremento de preços frustrar toda a demanda por margem em determinado barramento, o leilão retornará ao preço corrente anterior e será encerrado, classificando os empreendimentos por ordem decrescente de potência e, caso persista algum empate, pela ordem cronológica de lance (no caso, sinalização de permanência).

7.26. Após o encerramento do leilão para um barramento em determinado produto, existindo margem residual e não sendo aplicável o disposto no item anterior, esta margem deverá ser considerada para tal barramento no produto seguinte.

v. Das Restrições de Área e Subárea

7.27. Nos casos em que houver condições mais restritivas do que as restrições individuais dos barramentos (restrições de área e/ou subárea), as limitações pertinentes das margens por área e subárea serão consideradas para correta determinação dos vencedores.

7.28. Para tal consideração, em função do formato adotado para o leilão (valores ascendentes), deverão ser realizados leilões adicionais entre os vencedores das áreas e/ou subáreas com restrições, conforme detalhado na Portaria de Sistemática, de forma a garantir a melhor eficiência alocativa do processo.

vi. Dos Parâmetros dos Leilões

7.29. Os parâmetros referentes ao Incremento de Preços e Tempo de Aceite do Lance a princípio serão fixos, conforme valores estabelecidos na Portaria de Sistemática, podendo a Entidade Coordenadora, no decorrer do leilão, alterar tais parâmetros, mediante comunicação via sistema e conforme critério previsto no edital do certame. Tal medida visa a permitir uma melhor calibração do certame ao longo de sua realização.

7.30. Os preços iniciais para os leilões de todos os barramentos serão idênticos, conforme disposto na Portaria de Diretrizes. Exceção faz-se apenas aos leilões adicionais a serem realizados quando existirem restrições de área e/ou subáreas, sendo que neste caso o preço inicial deverá ser o menor preço final obtido nos leilões anteriores relacionados ao leilão adicional em questão.

8. AVALIAÇÃO DE IMPACTO REGULATÓRIO - AIR

8.1. A partir da edição da Lei nº 13.874, de 20 de setembro de 2019, as propostas de edição e de alteração de atos normativos de interesse geral de agentes econômicos ou de usuários dos serviços prestados, editadas por órgão ou entidade da administração pública federal, incluídas as autarquias e as fundações públicas, devem ser precedidas da realização de

Análise de Impacto Regulatório - AIR, que conterà informações e dados sobre os possíveis efeitos do ato normativo para verificar a razoabilidade do seu impacto econômico.

8.2. Essa lei foi regulamentada em 30 de junho de 2020 por meio do Decreto nº 10.411 que dispôs sobre o conteúdo, os quesitos mínimos a serem objeto de exame, as hipóteses em que será obrigatória e as hipóteses em que poderá ser dispensada a análise de impacto regulatório.

8.3. Dessa forma, na atuação do MME, o tema AIR foi abordado na Portaria Normativa nº 30/GM/MME, de 22 de outubro de 2021, que instituiu o Programa de Análise de Impacto Regulatório com diretrizes para as análises a serem feitas para propostas de edição e de alteração de atos normativos de interesse geral de agentes econômicos ou de usuários dos serviços prestados relacionados às atribuições do MME.

8.4. O objetivo geral do Programa é modernizar e qualificar a gestão da produção normativa do Ministério de Minas e Energia por meio de um processo sistemático de análise, baseado em evidências, que busca avaliar, a partir da definição de um problema regulatório, os possíveis impactos das alternativas de ação disponíveis, tendo como finalidade orientar e subsidiar a tomada de decisão.

8.5. No entanto, neste caso considera-se que para o normativo proposto é aplicável a dispensa da Análise de Impacto Regulatório - AIR, por se enquadrar nas hipóteses previstas na Portaria MME nº 30/GM/MME, de 22 de outubro de 2021:

Art. 17. A AIR poderá ser dispensada pela autoridade competente pela edição da norma, nas hipóteses de:

...

II - ato normativo destinado a disciplinar direitos ou obrigações definidos em norma hierarquicamente superior que não permita, técnica ou juridicamente, diferentes alternativas regulatórias;

...

8.6. Em relação ao ato para disciplinar direitos ou obrigações definidos em norma hierarquicamente superior, destaca-se que o Decreto nº 10.893, de 14 de dezembro de 2021, dispôs sobre as outorgas de autorização que tratam os incisos I e II do § 1º-C do art. 26 da Lei nº 9.427, de 26 de dezembro de 1996, que serão concedidas sem necessitar de informações de acesso, mas também, que em seu art. 2º definiu as condições para a Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL promover, conforme diretrizes estabelecidas por esse Ministério, direta ou indiretamente, o procedimento competitivo para a contratação de margem de escoamento para acesso ao Sistema Interligado Nacional - SIN, motivo da presente proposta de intervenção do poder público.

8.7. Adicionalmente, mesmo não sendo formalmente requerido, mas tendo em vista que a AIR qualifica a produção normativa, orienta e subsidia a tomada de decisão, a Nota Técnica nº 197/2022/DPE/SPE (SEI nº 0687879), que subsidiou a proposta de regulamentação das diretrizes para o Procedimento Competitivo por Margem - PCM, trouxe alguns dos elementos de AIR em conformidade com a legislação e com o programa instituído do MME.

8.8. Nesse sentido, a instrução buscou abordar a identificação do problema regulatório que se pretende solucionar, com a apresentação de suas causas e sua extensão, a identificação dos agentes econômicos, dos usuários dos serviços prestados e dos demais afetados pelo problema regulatório identificado, a identificação da fundamentação legal que ampara a ação do órgão ou da entidade quanto ao problema regulatório identificado e as considerações referentes às informações e às manifestações recebidas em eventuais

processos de participação social ou de outros processos de recebimento de subsídios de interessados na matéria em análise.

9. JUSTIFICATIVA PARA A VIGÊNCIA IMEDIATA DO ATO - ATENDIMENTO AO DECRETO Nº 10.139, DE 2019

9.1. Tendo em vista a importância da definição e estabelecimento de uma Portaria Normativa GM/MME que dispõe sobre a sistemática do Procedimento Competitivo para a Contratação de Margem de Escoamento para Acesso ao Sistema Interligado Nacional – SIN, entende-se que **a vigência do ato normativo resultante seja imediata**, com base no que dispõe o Decreto nº 10.139, de 2019, em seu art. 4º, a saber:

Art. 4º Os atos normativos estabelecerão data certa para a sua entrada em vigor e para a sua produção de efeitos:

I - de, no mínimo, uma semana após a data de sua publicação; e

II - sempre no primeiro dia do mês ou em seu primeiro dia útil.

Parágrafo único. O disposto neste artigo não se aplica às hipóteses de urgência justificada no expediente administrativo.

9.2. A Minuta de Portaria ora proposta define que a Consulta Pública deve se iniciar imediatamente após a publicação no Diário Oficial da União, pelo prazo de 30 (trinta) dias corridos.

9.3. O processo de Consulta Pública deve proporcionar prazos razoáveis para a elaboração das contribuições por parte dos interessados, bem como para a análise por parte do poder público. Nesse sentido, e considerando ainda o processo em andamento para a minuta de portaria que estabelece as diretrizes a serem aplicada na realização do PCM, para que seja possível realizar uma oitiva prévia da sociedade e conferir transparência e previsibilidade ao processo, é fundamental que essa portaria seja submetida à consulta popular com a maior brevidade possível.

9.4. Dessa forma, entende-se necessário que a divulgação da Consulta Pública contendo a sistemática para o PCM tenha produção dos efeitos imediatamente após sua publicação.

10. DOCUMENTOS RELACIONADOS

a) Minuta Interna SPE (SEI nº 0703242).

11. CONCLUSÃO

11.1. De modo a viabilizar a consulta pública pretendida, sugere-se o encaminhamento desta Nota Técnica e da Minuta Interna (SEI nº 0703242) à Consultoria Jurídica (CONJUR) deste Ministério para fins de avaliação da viabilidade jurídica.

11.2. Ato contínuo, sugere-se o encaminhamento da presente análise ao Senhor Ministro de Estado de Minas e Energia, para fins de avaliação e deliberação final acerca da abertura de Consulta Pública sobre a matéria pelo prazo de 30 (trinta) dias a contar da instauração.



Documento assinado eletronicamente por **Lucas Santos e Silva, Assessor(a)**, em 19/12/2022, às 12:07, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

Documento assinado eletronicamente por **Frederico de Araujo Teles, Secretário-Adjunto de Planejamento e Desenvolvimento Energético**, em 19/12/2022, às 12:09, conforme



horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Marina Delmondes de Carvalho Rossi, Diretor(a) do Departamento de Desenvolvimento Energético**, em 19/12/2022, às 12:14, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Thiago Guilherme Ferreira Prado, Diretor(a) do Departamento de Planejamento Energético**, em 19/12/2022, às 15:44, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **José Guilherme de Lara Resende, Secretário de Planejamento e Desenvolvimento Energético**, em 19/12/2022, às 15:48, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://www.mme.gov.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0703077** e o código CRC **167089C3**.

15.3 PORTARIA Nº 716/GM/MME



MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

PORTARIA Nº 716/GM/MME, DE 21 DE DEZEMBRO DE 2022

O MINISTRO DE ESTADO DE MINAS E ENERGIA, no uso das atribuições que lhe confere o art. 87, parágrafo único, incisos II e IV, da Constituição, tendo em vista o disposto no art. 31, § 1º, da Lei nº 9.784, de 29 de janeiro de 1999, no art. 18 do Decreto nº 9.830, de 10 de junho de 2019, no Decreto nº 10.893, de 14 de dezembro de 2021, e o que consta no Processo nº 48360.000221/2022-39, resolve:

Art. 1º Divulgar, para Consulta Pública, a minuta de Portaria Normativa contendo a proposta de Sistemática para realização do Procedimento Competitivo para a Contratação de Margem de Escoamento para Acesso ao Sistema Interligado Nacional - SIN, denominado Procedimento Competitivo por Margem - PCM, de que trata o Decreto nº 10.893, de 14 de dezembro de 2021.

Parágrafo único. Os documentos e informações pertinentes podem ser obtidos na página do Ministério de Minas e Energia na internet, no endereço eletrônico www.gov.br/mme, Portal de Consultas Públicas.

Art. 2º As contribuições dos interessados para o aprimoramento da proposta de que trata o art. 1º serão recebidas pelo Ministério de Minas e Energia, por meio do citado Portal, pelo prazo de trinta dias, contados a partir da data de publicação desta Portaria.

Art. 3º Esta Portaria entra em vigor na data de sua publicação.

ADOLFO SACHSIDA



Documento assinado eletronicamente por **Adolfo Sachsida, Ministro de Estado de Minas e Energia**, em 21/12/2022, às 17:26, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://www.mme.gov.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0704941** e o código CRC **876230FE**.

DIÁRIO OFICIAL DA UNIÃO

Publicado em: 22/12/2022 | Edição: 240 | Seção: 1 | Página: 172

Órgão: Ministério de Minas e Energia/Gabinete do Ministro

PORTARIA Nº 716/GM/MME, DE 21 DE DEZEMBRO DE 2022

O MINISTRO DE ESTADO DE MINAS E ENERGIA, no uso das atribuições que lhe confere o art. 87, parágrafo único, incisos II e IV, da Constituição, tendo em vista o disposto no art. 31, § 1º, da Lei nº 9.784, de 29 de janeiro de 1999, no art. 18 do Decreto nº 9.830, de 10 de junho de 2019, no Decreto nº 10.893, de 14 de dezembro de 2021, e o que consta no Processo nº 48360.000221/2022-39, resolve:

Art. 1º Divulgar, para Consulta Pública, a minuta de Portaria Normativa contendo a proposta de Sistemática para realização do Procedimento Competitivo para a Contratação de Margem de Escoamento para Acesso ao Sistema Interligado Nacional - SIN, denominado Procedimento Competitivo por Margem - PCM, de que trata o Decreto nº 10.893, de 14 de dezembro de 2021.

Parágrafo único. Os documentos e informações pertinentes podem ser obtidos na página do Ministério de Minas e Energia na internet, no endereço eletrônico www.gov.br/mme, Portal de Consultas Públicas.

Art. 2º As contribuições dos interessados para o aprimoramento da proposta de que trata o art. 1º serão recebidas pelo Ministério de Minas e Energia, por meio do citado Portal, pelo prazo de trinta dias, contados a partir da data de publicação desta Portaria.

Art. 3º Esta Portaria entra em vigor na data de sua publicação.

ADOLFO SACHSIDA

15.4 DECLARAÇÃO MME (SISTEMÁTICA PCM)



Brasília, 22 de dezembro de 2022

Declaramos para os devidos fins que a Nota Técnica nº 5/2022/SPE (SEI nº 0703077) e a Minuta de Portaria de Sistemática (Minuta Interna SPE – SEI nº 0703242) colocada em Consulta Pública (CP nº 148 de 22/12/2022) através da **Portaria nº 716/GM/MME**, de 21 de Dezembro de 2022, foram elaboradas pelo assessor **Lucas Santos e Silva**, baseadas em seu trabalho atualmente em desenvolvimento na Universidade de Brasília (UnB) para defesa de Dissertação de Mestrado, trabalho este interrompido justamente para que, dentre outros, tais contribuições pudessem ser contempladas no processo **48360.000221/2022-39**, referente à realização do Procedimento Competitivo para a Contratação de Margem de Escoamento para Acesso ao Sistema Interligado Nacional – SIN, denominado Procedimento Competitivo por Margem – PCM.

Documento assinado digitalmente
 JOSE GUILHERME DE LARA RESENDE
 Data: 22/12/2022 12:12:10-0300
 Verifique em <https://verificador.jti.br>

José Guilherme de Lara Resende
 (Secretário de Planejamento e Desenvolvimento Energético)

Documento assinado digitalmente
 FREDERICO DE ARAUJO TELES
 Data: 22/12/2022 09:59:33-0300
 Verifique em <https://verificador.jti.br>

Frederico de Araújo Teles
 (Secretário Adjunto da Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Energético)

Documento assinado digitalmente
 MARINA DELMONDES DE CARVALHO ROSSI
 Data: 22/12/2022 10:04:38-0300
 Verifique em <https://verificador.jti.br>

Marina Delmondes de Carvalho Rossi
 (Diretora do Departamento de Desenvolvimento Energético)

Documento assinado digitalmente
 THIAGO GUILHERME FERREIRA PRADO
 Data: 09/01/2023 09:01:11-0300
 Verifique em <https://verificador.jti.br>

Thiago Guilherme Ferreira Prado
 (Diretor do Departamento de Planejamento Energético)

Documento assinado digitalmente
 LUCAS SANTOS E SILVA
 Data: 22/12/2022 09:05:59-0300
 Verifique em <https://verificador.jti.br>

Lucas Santos e Silva