



**CATHARINA HOLLAUER**

**ANÁLISE DE LEILÕES APLICADO AO SETOR ELÉTRICO**

MONOGRAFIA APRESENTADA  
AO DEPARTAMENTO DE  
CIÊNCIAS ECONÔMICAS DA PUC-RIO

Orientador: Amanda Schutze

Departamento de Ciências Econômicas

Rio de Janeiro, 30 de junho de 2017.

## Sumário

1. Introdução e Motivação.....	3
4. Modelo de Valor Comum e a Maldição do Vencedor.....	17
5. Setor Elétrico Brasileiro e Leilões de Energia Nova.....	21
6. Competitividade em Leilões de Energia Nova.....	29
7. A maldição do ganhador aplicado a Leilões de Energia Nova.....	33
8. Conclusões .....	36
9. Bibliografia .....	37

## 1. Introdução e Motivação

A análise da relação entre o consumo de energia e o crescimento econômico é constantemente revisada pela literatura.

Em consideração a novos fatos estilizados de *Kaldor* (Jones e Romer 2010) para o crescimento econômico, Smulder de De Nooij (Smulders e De Nooij 2003) incorporaram o consumo de energia elétrica como variável fundamental ao modelo onde a tecnologia é considerada endógena. Em outro estudo, Csereklyei *et al* (Csereklyei, Rubio e Stern 2014) analisaram dados em painel de 99 países desde 1971 até 2010 em busca por padrões sobre a relação entre o crescimento econômico e o consumo de energia, encontrando evidências de relação estável entre essas variáveis. Deve-se ressaltar que, ainda que fatos estilizados condensem características importantes, nem sempre serão exatos para qualquer contexto e estágio de desenvolvimento do país.

No contexto de sinalização econômica para a expansão do parque gerador, a formação de preço no setor elétrico brasileiro, de matriz predominantemente hidrotérmica, observa volatilidades mesmo em condições hidrológicas favoráveis, decorrentes dos modelos adotados e políticas de operação e planejamento do despacho. A volatilidade e forte dependência da afluência hidrológica, frequentemente, falha em prover os sinais econômicos corretos para a expansão da oferta de energia elétrica, reduzindo a previsibilidade do fluxo de caixa dos projetos de geração de energia elétrica, em especial dos projetos termelétricos que operam frequentemente na margem de despacho, aumentando os riscos de retorno do projeto.

O incremento dos riscos<sup>1</sup>, acompanhado de incertezas diversas, mesmo de implementação dos projetos, podem ocasionar descompasso entre a expansão do parque gerador de energia elétrica e as necessidades energéticas do sistema. Dessa forma, o arranjo institucional-regulatório deve ser capaz de garantir que os investimentos no setor de energia

---

<sup>1</sup> Risco é uma incerteza mensurável e, portanto, associado a uma distribuição de probabilidades. A incerteza se refere a uma situação em que não se conhece a inteiramente a distribuição de probabilidade associada, ainda que se conheça os eventos possíveis ou mesmo faixa de probabilidades associadas. Na literatura ainda se menciona uma incerteza na qual nem todos os eventos possíveis são conhecidos, chama-se *incerteza knightiana*. Uma *incerteza knightiana* é, portanto, uma situação em que o futuro não é e nem pode ser conhecido.

sejam, em sua grande maioria, viáveis técnica e economicamente, não frustrando as necessidades de expansão do sistema ou pondo em risco a segurança energética.

Uma decorrência mais sutil das incertezas supramencionadas ocorre nos processos de contratação de energia. O mecanismo de contratação do mercado regulado de energia baseado em leilões, parte importante no supramencionado arranjo institucional-regulatório, imprime competição econômico-financeira dos projetos em busca da modicidade tarifária. Nesse sentido, sendo o leilão de venda de energia definidor das condições de contratação, muitos aspectos relacionados ao leilão tem sido assunto de interessante debate.

Em especial, a maldição do vencedor (Bulow e Klemperer 2002) é um aspecto relevante para o regulador, na elaboração das regras regulatórias e no desenho de leilões, e especialmente para o investidor. Tecnicamente, a maldição do vencedor advém a partir do jogo de soma zero estabelecido por meio do mecanismo de leilões selados, de primeiro preço e de valor comum (Kagel and Levin, The winner's curse and public information in common value auctions 1986). Tem recebido considerável atenção na literatura de leilões e em especial em leilões de energia, seja ascendente ou descendente, podendo acabar por prejudicar o adimplemento do contrato ou mesmo ameaçar a viabilidade em longo prazo do projeto em decorrência da oferta demasiada competitiva realizada no leilão.

Os efeitos das estratégias adotadas no leilão pelo empreendedor podem refletir no cumprimento do contrato firmado significando muitas vezes solicitações de suspensão de operação comercial por parte do empreendedor ou mesmo rescisões de contratuais.

Para os casos de rescisão anterior à entrada em operação, os casos mais comuns abrangem problemas em relação aos riscos de conclusão do projeto ou quebras de contrato de fornecimento de combustível para os empreendimentos termoeletricos. Para aqueles após a entrada em operação comercial, as razões frequentemente estão em torno dos riscos de projeto, políticas de despacho e financiamento.

Em muitos casos, observa-se que o mecanismo de leilão ou a oferta do licitante foram relevantes para o inadimplemento do contrato, pressionando a viabilidade dos projetos

de energia e impactando no custo da energia para o consumidor e, por consequência, a segurança energética do sistema.

Os riscos relacionados à conclusão dos projetos são em grande parte decorrentes de estratégias de licitação equivocadas. No leilão, o agente deve definir uma estratégia que reflita a fronteira eficiente entre os riscos e o retorno do investimento. No entanto, a dificuldade de lidar com a imprevisibilidade de mudanças regulatórias e hidrológicas durante o contrato de compra de energia prejudica a determinação de parâmetros declarados no leilão para mitigação perfeita dos riscos e incertezas do projeto.

Em relação aos leilões de energia nova, a maldição do vencedor pode, de modo indireto, acabar por impactar o risco de déficit e a perspectiva de preços de energia dos consumidores. De fato, exemplificando, atualmente temos treze projetos de geração de energia com as operações comerciais suspensas por vários motivos, e ao final, os custos incorridos para a realização de novos leilões para atender a demanda não atendida, o esgotamento dos níveis dos reservatórios e o impacto no preço da energia para o consumidor podem ser significativos.

Afora isso, há casos recentes em que empreendedores vitoriosos em leilões buscam o repasse do contrato para outro empreendedor frente a incapacidade de entrega do projeto ao término dos três ou cinco anos acordados no leilão, Leilão de Energia Nova (LEN) A-3 ou A-5, respectivamente.

Neste sentido, o objetivo deste trabalho é explicitar os mecanismos de contratação de energia de longo prazo de empreendimentos de geração no Brasil sopesando a questão da maldição do vencedor e suas consequências. As primeiras seções visam explicitar a teoria de leilões e de mecanismos para então aplicar no estudo de caso dos leilões de energia nova.

## 2. Teoria dos Leilões

A análise das interações estratégicas dos agentes econômicos em leilões está fundamentada na teoria dos jogos, particularmente nos jogos de informação incompleta. Leilões incorporam uma forma simplificada de interação comprador-vendedor que fundamenta a análise de formas mais complexas de interação econômica, como de mercados com vários compradores e vendedores interagindo simultaneamente (P. Milgrom 1989). Dessa forma, para cada tipo de leilão, os agentes se comportarão de maneiras diferentes e promoverão diferentes resultados.

Leilões são usualmente utilizados pelos vendedores para revelar o preço intrínseco atribuído ao item em questão por cada comprador, principalmente quando um comprador desconhece o valor intrínseco dos demais compradores. Para avaliar a necessidade de um leilão quando os preços intrínsecos são perfeitamente conhecidos, suponha que um vendedor atribua um preço  $x$  a um determinado item e que o valor intrínseco de um potencial  $i$ -ésimo comprador seja algum valor maior que  $x$ , chamaremos de  $v_i$ . Neste caso, temos um excedente para o vendedor de  $v_i - x$ , variando do menor valor intrínseco para o maior.

Se o vendedor conhece perfeitamente os valores intrínsecos de cada potencial comprador, então o vendedor simplesmente estabelece um preço fixo de venda logo abaixo de  $y$  para o item, recusando-se aceitar qualquer valor abaixo disso. Portanto, o comprador com o valor intrínseco de  $v_i$  compra o item e o vendedor maximiza seu excedente com a venda, apenas anunciando corretamente o preço, sem qualquer necessidade de realização de um leilão (Maskin 1985).

Por outro lado, se o comprador se torna o conhecedor dos preços intrínsecos ao invés do vendedor, o valor anunciado para a compra do item seria apenas um pouco maior que  $x$ . O resultado final também incorreria em um excedente para o vendedor, mas neste caso, o comprador incorporaria a maior parte deste excedente. Portanto, o conhecimento da informação determina o poder de transação de cada agente neste mecanismo. Ademais, para o caso de conhecimento de todos os valores intrínsecos por todos os agentes, teríamos o cenário de negociação ou barganha.

Para análise, considera-se o caso de um vendedor leiloando um item para um conjunto de compradores, que por simetria, será também válida para o caso de um comprador interessado em um único item que executa um leilão entre um conjunto de vários potenciais vendedores.

Para descrever os principais tipos de leilões, assume-se que apenas um item será leiloado, o vendedor será o responsável pela execução do leilão e que cada comprador atribui um valor intrínseco  $v_i$  para o item a ser leiloado. Dessa forma, o comprador está disposto a pagar até o valor intrínseco para obter o item, mas não qualquer outro valor mais elevado.

Em um primeiro momento, assumiremos que as valorações dos agentes são independentes e privadas. Em outras palavras, cada comprador sabe quanto valoriza o bem, desconhecem a valoração dos demais agentes e sua valoração independe da valoração dos demais (Goeree 2003).

Futuramente, também será considerado o caso em que os compradores são capazes de revender o item obtido em leilão (Zhoucheng Zheng 2002). Neste caso, supondo que os compradores são bem-sucedidos na revenda, o item possuirá um valor comum baseado na receita futura a ser obtida com a revenda do item. Diante de informação privada sobre o valor comum do item, as estimativas dos compradores podem diferir considerando que com base nessa informação, os agentes podem refinar suas estimativas acerca do valor comum.

***Leilão selado de primeiro preço.*** Os lances são submetidos simultaneamente de forma selada ao vendedor. Originalmente, os leilões eram baseados em propostas escritas e fornecidas em envelopes para o vendedor que em seguida, abriria todos os lances juntos. O maior lance arremata o item, pagando o preço de lance.

Note que em leilões selados de primeiro preço, o valor de lance do agente determina não apenas se o agente se consagrará vencedor ou perdedor, mas também quanto o agente irá pagar pelo item em caso de vitória (P. Milgrom 1989). Portanto, seja  $v_i$  o valor intrínseco do item e  $b_i$  o valor de lance do agente  $i$  como função de  $v_i$ . Se  $b_i$  não é o lance vencedor, então o *payoff* do agente  $i$  é nulo. Por outro lado, se  $b_i$  é o lance vencedor, então o *payoff* do agente  $i$  é  $v_i - b_i$ .

Diferentemente do que será observado em leilões selados de segundo preço, lances verdadeiros,  $v_i = b_i$ , não são mais estratégia dominante, supondo que o valor intrínseco atribuído pelo  $i$ -ésimo licitante seja o valor real. Se o lance é verdadeiro, o *payoff* é nulo em caso de derrota, mas também em caso de vitória, considerando que pagará exatamente o valor do item. Como resultado, torna-se uma estratégia ótima um lance de valor um pouco abaixo da valoração privada do bem para garantir um *payoff* positivo. No caso teríamos que analisar o *tradeoff* entre um  $b_i$  pouco distante de  $v_i$ , dado que fornece um *payoff* potencial baixo, e um  $b_i$  muito distante de  $v_i$  que reduzirá a probabilidade de vitória no leilão.

***Leilão descendente de preço ou leilão holandês.*** O vendedor reduz gradualmente o preço de algum valor inicial elevado até um preço que algum comprador aceite pagar o preço corrente (Coppinger 1980). Nenhuma informação sobre a valoração do item é gerada enquanto nenhum comprador aceita o preço corrente, a não ser o fato de que nenhum comprador aceitou o preço até então. Para cada comprador  $i$ , existe um preço  $b_i$  ao qual o comprador está disposto a informar seu preço reserva ao aceitar pagar o preço  $b_i$  e arrematar o item (P. a. Milgrom 1982). Neste contexto, podemos analisar o leilão descendente de preço como uma analogia simultânea do leilão selado de primeiro preço, dados que em ambos o comprador  $i$  arremata o item se seu preço  $b_i$  é o maior lance e paga o próprio preço  $b_i$  pelo item.

***Leilão selado de segundo preço ou leilão de Vickrey.*** Compradores submetem lances selados de forma simultânea, sendo que aquele com maior preço vence o certame pagando o segundo maior preço (Ausubel 2006). Uma comparação superficial entre leilões selados de primeiro preço com os de segundo preço, poderia sugerir que o segundo caso não seja capaz de maximizar a receita obtida em leilão, considerando o pagamento pelo segundo maior preço (Krishna 2009). No entanto, dentro de um contexto de teoria dos jogos, o desenho das regras do leilão assume que os agentes se adaptarão de forma que, compradores em leilões de primeiro preço tenderão a lances com preços menores do que em leilões de segundo preço, sabendo que pagarão o preço de lance.

Seja  $v_i$  o valor intrínseco do bem e  $b_i$  (função de  $v_i$ ) o lance para cada agente  $i$  em um leilão selado de segundo preço. Ainda, com foco em estratégias dominantes, isto é, cada jogador possui uma melhor estratégia independente das ações dos demais jogadores, assume-



se que a informação do valor intrínseco para cada agente é privada e independente (J. Levin 2004). Assim, se  $b_i$  é o lance vencedor do leilão e  $b_j$  é o segundo maior lance, temos que o *payoff* do agente será  $v_i - b_j$ . Por outro lado, se  $b_i$  não é o lance vencedor, teremos o *payoff* nulo (J. Levin 2004).

Sendo  $v_i = b_i$  um lance dito como *verdadeiro*, em leilões selados de segundo preço é uma estratégia dominante para todo agente não desviar do lance verdadeiro. Seja o desvio em direção a um aumento, seja em direção a redução do lance ( $b_i$ ) do agente,  $b_i$  apenas determina se o agente  $i$  vence ou não o certame (J. Levin 2004). O valor a ser efetivamente pago pelo item depende de  $b_j$ , ou seja, do lance dos demais agentes. Ainda, se apenas o agente  $i$  desvia da estratégia, enquanto todos os demais agentes permanecem seguindo  $b_j = v_i$ , uma mudança na estratégia de  $i$  apenas altera seu *payoff* no caso de o lance ser determinante para a vitória ou derrota do agente no leilão (J. Levin 2004).

Se o agente  $i$  opta por um lance  $b_i' > v_i$ , o lance apenas afetaria o *payoff* do agente se o agente  $i$  fosse se consagrar perdedor com o lance  $v_i$ , mas vencedor com um lance de  $b_i'$ . Para tanto, o outro maior lance  $b_j$  deve estar entre  $b_i$  e  $b_i'$ . Dessa forma, o *payoff* de desvio seria no máximo  $v_i - b_j \leq 0$ , sendo o desvio para  $b_i'$  não se caracterizando por uma melhora no *payoff* de  $i$  (J. Levin 2004).

Por outro lado, se  $i$  desvia para  $b_i'' < v_i$ , o lance apenas modifica o *payoff* de  $i$  no caso de vitória no certame com  $b_i$  e sofreria uma derrota com  $b_i''$ . Assim, antes de desviar,  $b_i$  seria o lance vencedor e o segundo preço seria algum lance  $b_k$  entre  $b_i$  e  $b_i''$ . Neste caso, o agente  $i$  tem *payoff* antes do desvio de  $b_i - b_k \geq 0$  e após o desvio, nulo (se consagra perdedor). Mais uma vez, o desvio não melhora o *payoff* do agente  $i$  (J. Levin 2004).

É neste sentido que o lance verdadeiro é uma estratégia dominante em um leilão selado de segundo preço. O lance do agente determina a derrota ou a vitória no certame, mas não o quanto é pago em caso de vitória pelo item.

Conceitualmente, supondo que todos os licitantes exerçam a estratégia dominante, isto é, realizem o lance como sendo igual ao valor intrínseco  $b_i = v_i$ , o Leilão de Vickrey faz com que o *payoff* seja exatamente a valoração marginal do bem em relação ao segundo melhor lance:

$$payoff_i = v_i - V_{segundomelhorlance} \quad (1)$$

Um exemplo frequentemente mencionado é o da competição por um bloco de exploração de petróleo. Nesse exemplo, a superioridade técnica da companhia petrolífera vencedora avalia uma reserva em uma quantidade de reservas provadas superior à avaliação da segunda colocada no certame, sendo o *payoff* exatamente a diferença entre as avaliações que representa a capacidade técnica marginal da companhia vencedora.

***Leilão ascendente de preço, também denominado leilão inglês.*** São realizados iterativamente de forma que o vendedor aumenta gradualmente o preço até que reste apenas um comprador que arremata o item ao preço corrente no momento em que o penúltimo comprador se retirou do leilão, ou seja, o segundo maior preço. Em outras palavras, no leilão ascendente de preço três coisas acontecem simultaneamente: (i) O penúltimo comprador se retira do leilão; (ii) O último comprador observa a saída do penúltimo e encerra o lance por preços maiores; (iii) o vendedor declara o último comprador vencedor do leilão que paga o preço do penúltimo comprador. Pode ser que ocorra algum incremento de preço entre o (i) e (ii), mas assumiremos que o lance encerra no exato momento em que o penúltimo comprador se retira do certame.

Note que não faz sentido continuar no leilão quando o preço corrente atinge o preço intrínseco do bem. Ao permanecer no leilão, o agente perde o leilão e não leva o bem, ou ganha e leva por um preço maior que o valor intrínseco. Por outro lado, também não faz sentido abandonar o leilão até que o preço corrente atinja o preço intrínseco do bem. Ao fazê-lo cedo demais, o comprador não arrematará o item, mas ao permanecer pode ser que o arremate por um preço até menor que o preço intrínseco. Assim, o comprador deve buscar permanecer no leilão até o exato momento em que o preço corrente atinja o preço intrínseco do item. Portanto, em um cenário em que cada comprador *i* tem o preço de saída de *b<sub>i</sub>*, quer dizer que cada comprador deve usar seus preços de reserva efetivos como seu valor de lance.

Neste sentido, a única diferença entre o leilão ascendente de preço e o leilão selado de segundo preço é que no primeiro, temos interação em tempo real dos agentes. Outra forma de analisar é encarar o leilão selado de segundo preço como uma simulação de um leilão ascendente de preço.

***Leilão selado de pagamento comum.*** Neste tipo de leilão cada agente submete um lance e o maior lance arremata o item, mas todos os agentes participantes do leilão pagam seus lances independentemente se venceram ou perderam (J. Levin 2004). Se  $b_i$  não é o lance vencedor do leilão, o *payoff* será dado por  $-b_i$ , caso contrário será  $v_i - b_i$ . Jogos com *payoffs* similares surgem em situações como de *lobby* por exemplo. Considerando que todo mundo deve pagar seu lance incorre em lances muito menores quando se comparado com leilões selados de primeiro preço.

### 3. Equilíbrio em Leilões

Esta seção visa derivar lances ótimos para leilões selados de primeiro preço que também servirão para análise do equilíbrio para leilões descendentes de preço, conforme os leilões de energia nova a serem expostos nas seções seguintes. Observaremos oportunamente que o lance ótimo se modifica conforme varia o número de agentes e a distribuição das valorações no leilão (Swinkels 2001) (Kagel and Levin 1993).

**Conceito de Equilíbrio.** O conceito de equilíbrio é o de Nash Simétrico (Menezes 1994), no sentido que todos os participantes buscam maximizar o lucro e seguem todos a mesma estratégia de lances.

**O Conceito de Sinal de Informação.** Cada licitante possui uma informação relacionada à avaliação do objeto que pretende adquirir, digamos, se há  $N$  licitantes temos  $X_1, \dots, X_N$ , sinais de informação. Esses sinais de informação são privados, no sentido de que, em geral, apenas o licitante  $i$  conhece  $X_i$ .

Um sinal de informação pode ser entendido como um conjunto de informações que permitem direta ou indiretamente uma estimativa do valor do bem ou do valor intrínseco  $V_i$ . Em um leilão, o  $i$ -ésimo participante vai atribuir o valor intrínseco do bem  $V_i$  a partir de uma função  $U_i(X_i, X_{outros})$ , isto é, por definição:

$$V_i \equiv U_i(X_i, X_{outros}) \quad (2)$$

Onde  $X_{outros} = \{X_1, \dots, X_{i-1}, X_{i+1}, \dots, X_N\}$ , ou seja, é o vetor de sinais, excluindo o sinal de informação dele próprio. Desse modo, o lance do  $i$ -ésimo participante pode depender, não só de seu próprio sinal de informação, mas também, direta ou indiretamente, do sinal de informação de seus contendores.

Desde que  $X_i$  é uma variável aleatória, os valores intrínsecos  $V_i$  são também variáveis aleatórias, e a realização de  $V_i$  é  $v_i$  que efetivamente vai influenciar o lance do  $i$ -ésimo participante, já que  $b_i = b_i(v_i)$  sendo  $b(\cdot)$  uma função monotonamente crescente já que quanto maior o valor, maior será o lance.

Em geral o *i-ésimo* participante apenas conhece com precisão o próprio sinal de informação. Dessa forma, uma utilidade do licitante não depende apenas de suas informações  $X_i$ , mas também na informação de seus rivais  $X_{outros}$ .

**Modelo de Valor Privado.** Se o valor intrínseco  $V_i$  não depende de outros conjuntos de informação, diremos que se trata de um modelo de leilão de valor privado (Wolfstetter 1996).

$$V_i \equiv U_i(X_i) \quad \text{ou em geral e mais simplesmente} \quad V_i \equiv X_i \quad (3)$$

Em geral, o exemplo é o de uma avaliação de compra simples em que o comprador valoriza o objeto de modo pessoal e objetivo, com todas as informações disponíveis e, em geral, o bem não será revendido. Logo o valor intrínseco, não é um valor de mercado essencialmente, mas pessoal.

**Modelo de Valor Comum.** Quando, no entanto, o lance (valor intrínseco)  $V_i$  do *i-ésimo* licitante depende do conjunto de informação dos outros participantes do mercado, normalmente indisponíveis, diremos que se trata de um modelo de leilão de valor privado (Wolfstetter 1996).

$$V_i \equiv U_i(X_i, X_{outros}) \quad (4)$$

Nesses modelos, os rivais possuem informações que são valiosas para o *i-ésimo* licitante para valorar corretamente o bem. Portanto, como os sinais ( $X_i$ ) são variáveis aleatórias e correlacionadas, por decorrência, os valores intrínsecos ( $V_i$ ) e suas realizações serão também correlacionados em algum grau.

Tipicamente, é o caso de um bem que pode ser revendido posteriormente ao mercado. Nesse caso, de modo evidente, o bem possui valor de mercado e este valor depende de outros e distintos sinais de informação. Um caso referente é exatamente o leilão de blocos de exploratórios petróleo, onde cada participante, muito provavelmente, utilizou métodos vários

para avaliação do bloco que, em cada recorte, podem melhorar a precisão do lance e valorar o bloco, que é um bem de mercado por excelência.

**Função de Distribuição Conjunta.** Vamos definir a função de distribuição conjunta em função dos valores intrínsecos, sendo os lances:

$$F \equiv F(V_1, V_2, V_3, \dots, V_N) \quad (5)$$

Considere ainda as seguintes hipóteses e algumas “variantes”:

H<sub>1</sub>: Valores privados: cada participante sabe o seu próprio valor para o objeto mas desconhece os valores dos demais participantes. Ou alternativamente:

*H<sub>1</sub>'*: Valores comuns:  $V_i = U_i(X_i, X_{outros})$  onde  $X_{outros} = \{X_1, \dots, X_{i-1}, X_{i+1}, \dots, X_N\}$ , ou:

H<sub>2</sub>: Valores (sinais) independentes: as variáveis aleatórias  $V_1, V_2, V_3, \dots, V_N$  (ou  $X_1, X_2, \dots, X_N$ ) são distribuídas independentemente. Ou alternativamente:

*H<sub>2</sub>'* Valores (sinais) dependentes: As variáveis aleatórias  $V_1, V_2, V_3, \dots, V_N$  (ou  $X_1, X_2, \dots, X_N$ ) são correlacionadas.

H<sub>3</sub>: Simetria: Cada variável aleatória  $V_i$ ,  $i = 1, \dots, N$ , tem a mesma função distribuição  $F$ .

H<sub>4</sub>: Os participantes são neutros em relação ao risco

As hipóteses H<sub>1</sub> e H<sub>1</sub>' definem o tipo de problema que se deseja. Evidentemente, os resultados para o modelo de valor privado são mais imediatos. As hipóteses H<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>' de igual modo definem se há ou não correlação entre os valores (sinais). Finalmente, H<sub>3</sub> e H<sub>4</sub> definem hipóteses simplificadoras sobre a função distribuição e sobre a aversão ao risco, significando que as funções de distribuição são iguais (há simetria entre os participantes) e os participantes buscam maximizar o lucro.

**Equilíbrio em Leilões Selados de Primeiro Preço em Valor Privado.** Todos os participantes buscam maximizar o lucro e seguem todos a mesma estratégia de lances (Menezes 1994), no seguinte sentido que de que o *payoff* do *i-ésimo* participante que realizou a avaliação  $v_i$  sobre o bem será dado pela expressão abaixo. Em diante vamos buscar saber qual será o lance deste *i-ésimo* participante, lembrando que a função lance é a mesma para todos:  $b(v_i)$

$$\text{Max } \pi(v_i, b(y)) = (v_i - b(y)) \Pr(b(y) > b(v_j); \forall j \neq i$$

como  $b(\cdot)$  é uma função monotona, podemos escrever :

$$\pi(v_i, b(y)) = (v_i - b(y)) \Pr(y > v_j); \forall j \neq i; .$$

$$\pi(v_i, b(y)) = (v_i - b(y)) F(y > v_1; \dots; y > v_N); \forall j \neq i \text{ sendo a } F(\cdot) \text{ idêntica}$$

e conhecida para todos os  $N - 1$ , chegamos à :

$$\pi(v_i, b(y)) = (v_i - b(y)) F^{N-1}(y > v_j)$$

Aplicando a maximização, estabelece-se o resultado (Menezes 1994) para os lances que maximizam o *payoff* em leilão de primeiro preço para valores privados:

$$b(v_i) = \frac{(N-1) \int_{v_{\min}}^{v_i} x f(x) F^{N-2}(x) dx}{F^{N-1}(v_i)} \quad (6)$$

Na expressão a integração é feita de algum limite inferior (imaginemos que um leilão sempre tem um limite inferior de valores  $v_{\min}$ ). Assim, dado que a valoração seja  $v_i$ , o valor do lance  $b(v_i)$  será dado pela expressão acima.

A expressão, como indica Menezes (Menezes 1994) pode ser interpretada como uma probabilidade condicional, sendo  $b(v_i)$  o valor esperado do máximo dos outros participantes condicional ao fato de que  $v_i$  é maior ou igual do que os outros valores.

**Equilíbrio em Leilões Selados de Segundo Preço em Valor Privado.** Os leilões selados de segundo maior lance, conhecidos também como leilões de Vickrey, pois foram originalmente sugeridos em (Vickey 1961), são mais incomuns. Igualmente, trata-se de um equilíbrio simétrico de Nash onde todos os participantes buscam maximizar o lucro e seguem todos a mesma estratégia de lances (Menezes 1994), de forma que o *payoff* do *i-ésimo* participante que realizou a avaliação  $v_i$  sobre o bem será dado pela expressão abaixo (Athey 2006).

Ocorre que agora o *payoff* passa a ser função de  $z$ , que é a maior realização de valores intrínsecos dentre todos os  $N$  participantes exceto o  $i$ -ésimo participante, que origina o segundo maior lance:  $b(z)$

$$\text{Max } \pi(v_i, b(y)) = (v_i - b(z)) \Pr(b(y) > b(v_j); \forall j \neq i$$

como  $b(\cdot)$  é uma função monotona, seguindo chegamos à condição de máximo :

$$(v_i - b(v_i))(N - 1)f(v_i)F^{N-2}(v_i) = 0;$$

$$\text{e assim temos } b(v_i) = v_i$$

Portanto, em uma maximização direta, leilões de segundo lance e em equilíbrio de Nash simétrico, o melhor lance é a própria realização do valor intrínseco do participante.



#### 4. Modelo de Valor Comum e a Maldição do Vencedor

Para casos em que o item leiloado pode ser revendido, a premissa de que a valoração de cada agente é independente e privada passa a não ser mais razoável (Goeree 2003). A receita obtida com a revenda do item passa a ser o valor comum para o item em leilão. Cada comprador  $i$  pode ter alguma informação privada sobre o valor comum, levando a uma estimativa  $v_i$  do item. A estimativa de cada agente pode não ser exata, além de não ser independente da valoração dos demais agentes. Pode-se escrever  $v$  como sendo o valor exato do bem,  $v_i$  como a estimativa do agente  $i$  de seu valor  $v$  e, portanto, o lance de cada agente será dado por  $v_i = v + x_i$ , onde  $x_i$  seria uma variável aleatória com média zero representando um erro de estimação (Krishna 2009).

Seja um leilão selado de segundo preço para venda de um bem com valor comum (Athey 2006). Diante da premissa de valoração privada e independente, a estratégia dominante é de  $v_i = b_i$ , ou seja, de um lance dito como *verdadeiro*. No entanto, com valor comum é preciso modelar considerando erros de estimação,  $v + x_i$  e, portanto, o resultado do leilão demonstrará se a estimação do vencedor e do segundo maior preço está superestimado ou subestimado. Particularmente, será mais provável que tanto o lance vencedor quanto o segundo maior lance esteja superestimado em relação ao valor comum do bem. Por consequência, o comprador observará uma perda na revenda do bem.

O fenômeno descrito acima é comumente conhecido como a maldição do vencedor (Kagel and Levin, The winner's curse and public information in common value auctions 1986). Licitantes racionais devem considerar a existência da maldição do vencedor ao decidir seu lance. O licitante deve decidir o lance com base tanto em sua melhor estimativa privada  $v_i$  quanto em arrematar o item. Em outras palavras, em um lance ótimo, torna-se melhor arrematar o objeto do que não o fazer. Neste contexto, o licitante que realiza lances superestimados são mais prováveis de se consagrarem vencedores do leilão.

**A Maldição do Vencedor em Leilões Selados de Primeiro Preço de Valor Comum.** O fenômeno da "maldição do vencedor" em um leilão de licitação selada ou leilões do tipo híbrido é perfeitamente possível. O licitante que ganha é o licitante que faz a estimativa

mais alta do valor real do item. Isso significa que todos os outros participantes atribuíram um valor menor para o item (Bulow e Klemperer 2002). Este fenômeno ocorre na presença de incertezas apreciáveis como observado em indústrias de petróleo, setor de energia ou em licitação para contratos que tenham um elemento comum de incerteza tecnológica. Considere agora as seguintes hipóteses “variantes” (Wolfstetter 1996):

H<sub>1</sub>: Valores comuns:  $V_i = U_i(X_i, X_{\text{outros}})$  onde  $X_{\text{outros}} = \{X_1, \dots, X_{i-1}, X_{i+1}, \dots, X_N\}$ ,

H<sub>2</sub>': Valores (sinais) dependentes: As variáveis aleatórias  $V_1, V_2, V_3, \dots, V_N$  (ou  $X_1, X_2, \dots, X_N$ ) são correlacionadas. (Exemplo simples, mas realista seria  $V_i = \text{Média Aritmética de } \{X_1, \dots, X_N\}$ )

H<sub>3</sub>: Simetria: Cada variável aleatória  $V_i$ ,  $i = 1, \dots, N$ , tem a mesma função distribuição  $F$ .

H<sub>4</sub>: Os participantes são neutros em relação ao risco

A demonstração é mais difícil no sentido de que se trata de um modelo de valor comum, isto é, há uma valoração do bem por todos os agentes que é comum. Considere o caso em que o objeto que está sendo leilado possui um valor comum de  $v$  que corresponde à realização de uma variável aleatória  $V$ , dado que se trata de um modelo de valor comum a todos os participantes e com distribuição  $G$ . A função  $G$  é exatamente a função de distribuição da variável aleatória  $V$ , da qual saí uma realização  $v$ .

Seguindo (Cox e Mark 1984), supomos que os sinais são independentes (H<sub>2</sub>') e, portanto,  $F_j(y|v)$  é a probabilidade que o  $j$ -ésimo participante (do ponto de vista do nosso participante arbitrário) submeta lance igual ou inferior à  $y$ , dado que o valor do objeto é  $v$ .

Deste modo, supondo os sinais independentes a probabilidade (do ponto de vista de um participante qualquer, isto é, excluindo ele mesmo) de que o rival  $j$  submeterá um lance de no máximo  $y$ , dado que o valor do objeto é dado por  $v$  será dado por (observe que a expressão exclui ele próprio, aqui suposto o de número 1, sem perda de generalidade):

$$F(y|v) \equiv \prod_2^{N-1} F_j(y|v) \quad (7)$$

Vamos considerar agora o lucro médio que esse participante arbitrário ( $j=1$ ), pode obter realizando um lance  $b$ , considerando que  $v$  é a valoração comum realizada do bem. Fazendo a média em função do lance  $b$ :

$$\pi(b,.) = \int_{v_{\min}}^{v_{\max}} (v-b)F(b|v)dG(v) \quad (8)$$

A expressão acima é apenas o lucro médio  $(v-b)$  ponderado pela probabilidade de que os rivais não vençam o lance  $F(b|v)$  e a probabilidade de que o valor do bem esteja entre  $v$  e  $v+dv$  (que é  $dG(v)$ ), nos limites entre os valores comuns máximos e mínimos que supomos que exista em um leilão.

O melhor lance ou lance ótimo  $b^*$  é aquele que  $\pi(b^*,v) \geq \pi(b,v) \forall b$ . Podemos afirmar que  $\pi(b^*,v) \geq 0$ , isso porque se isso vale para qualquer  $b$ , em particular, vale para  $b=0$

e logo temos  $\pi(b^*,.) \geq \pi(0,.) = \int_{v_{\min}}^{v_{\max}} (v)F(b|v)dG(v) \geq 0$ .

Assim:

$$0 \leq \pi(b^*,.) = \int_{v_{\min}}^{v_{\max}} (v-b^*)F(b^*|v)dG(v)$$

ou, rearranjando apenas, temos:

$$b^* \leq \frac{\int_{v_{\min}}^{v_{\max}} v F(b^*|v)dG(v)}{\int_{v_{\min}}^{v_{\max}} F(b^*|v)dG(v)}$$

Em geral, supomos apenas a desigualdade, posto que o caso em que  $b^*$  é zero é um caso sem interesse prático. Esta última expressão indica que, considerando apenas a desigualdade, o lance ótimo deve sempre ser menor do que a média do valor comum valorado pelos outros participantes. Se isso não ocorrer, o vencedor do leilão pode ter pago mais do que o valor do bem. Trata-se da maldição do vencedor. Assim, o comportamento ótimo, fazer lances ligeiramente abaixo do valor médio das valorações, previne a maldição do vencedor.

**A influência do número de participantes.** Na abordagem simplificada acima, exibimos de modo quantitativo o fenômeno da “maldição do vencedor”. Um aspecto, que nos será de interesse no setor de energia, é influência do número de participantes. Sendo um modelo de valor comum, na presença de grande variância das estimativas, os lances deverão precaver-se contra a maldição do vencedor, realizando lances abaixo do média das valorações.

Ao aumentar o número de participantes, a tendência é que as variâncias dos lances aumentem e, portanto, o participante conhecedor da teoria, passe a reduzir o lance, havendo evidências empíricas disponíveis (Hendricks, Pinkse e Porter 2003), (Thaler 1988).

Assim, em leilões de energia, usualmente, a fase “selada” é restrita a apenas alguns participantes qualificados. Outros fatores de incerteza podem ser dirimidos com a plena divulgação de informações aos participantes. No caso de energias para fornecimento de energia de base, essas incertezas que em geral são ligadas ao despacho, podem ser ignoradas. Por outro lado, a termoeletricidade é fonte despachada marginalmente. Isso pode explicar casos de frustração dessas fontes no pós-leilão, sempre associado a incertezas fortuitas como por exemplo, despachos fora da ordem de mérito que alteram as condições de contrato planejadas no leilão.

## 5. Setor Elétrico Brasileiro e Leilões de Energia Nova

Nesta seção faremos uma breve descrição dos leilões de energia elétrica no Brasil, procedendo a uma análise. Muito esforço teórico e experimental (Krishna 2009) (J. H. Kagel 2009) (J. H. Kagel 1995) (Kagel e Levin 2008) (IRENA e CEM 2015) sobre o tema do desenho ótimo de leilões, tem sido feito na tentativa de identificar os fatores que possam influenciar o sucesso de um leilão.

Esses esforços observam tanto ideias essencialmente teóricas quanto *cases* de sucesso. Em geral, com exceção de alguns avanços substantivos, ainda não se conseguiu estabelecer um desenho único e exato para um bom projeto de leilão com consideração de custo-benefício e riscos envolvidos. Por exemplo, *Gephar et al* (Gephart, Klessmann e Wigand 2017) abordam o *trade-off* nos leilões de energia entre incentivar altas taxas de implementação do projeto e a minimização de riscos da licitação, potencialmente resultando em preços de licitação mais altos.

Assim, a literatura indica que em qualquer leilão, o processo de seleção do vencedor é o aspecto fundamental que compromete e determina o sucesso do mesmo. Em termos de desenho, os seguintes elementos são usualmente endereçados (IRENA e CEM 2015), (European Commission 2013):

- a. O procedimento de licitação, definindo como as informações dos concorrentes é coletada e tornada pública, conforme o caso, buscando favorecer o processo competitivo;
- b. A definição dos requisitos de concorrência mínima, buscando promover um grau mínimo de concorrência no processo de licitação;
- c. critérios de seleção do vencedor, ditando como classificar as propostas e selecionar os vencedores;
- d. Definição de regras para a alocação de contratos no caso de o fornecimento não atender exatamente a demanda; e

e. O pagamento ao vencedor do leilão, estabelecido como o desenvolvedor do projeto será remunerado após vencer o contrato.

**Leilões de Energia no Brasil.** O Brasil representa uma ampla gama de desenhos de leilões dependendo da fonte de energia em questão e cabe descrever sucintamente o ambiente de contratação. A definição de contratação no Mercado Regulado (ACR) ou como energia de reserva orienta-se a partir dos planos de expansão da oferta de energia e reconhecendo-se os compromissos de compra das distribuidoras, uma informação de caráter sigiloso entregue ao Ministério de Minas e Energia – MME em um processo de decisão instruído. Trata-se de uma condição essencial para evitar a colusão nos Leilões, o desconhecimento dos vendedores de energia do interesse de compra.

A sistemática dos leilões de energia se inicia com a edição da Portaria do MME que estabelece os tipos de leilões e suas diretrizes. As diretrizes incluem a definição dos produtos que podem ser de disponibilidade ou quantidade, representando as distintas formas de contratação atualmente existentes. Ademais estabelece os empreendimentos objetos do leilão através das características técnicas, fonte e tipos de projeto. Em termos de visão geral os vários leilões de energia elétrica estão dispostos na Tabela 1.

**Tabela 1 - Tipos e Descrição dos Leilões**

<b>Tipo</b>	<b>Descrição</b>
<b>Leilão de Fontes Alternativas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Atender o crescimento do mercado no ambiente regulado;</li> <li>- Aumentar a participação de fontes renováveis na matriz energética brasileira (eólica, biomassa e PCH).</li> </ul>
<b>Leilão Estruturante</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Comprar energia proveniente de projetos de geração indicados por resolução do Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) e aprovados pelo presidente da República;</li> <li>- Referem-se a empreendimentos que tenham prioridade de licitação e implantação, tendo em vista seu caráter estratégico e o interesse público;</li> <li>- Assegurar a otimização do binômio modicidade tarifária e confiabilidade do sistema elétrico;</li> <li>- Garantir o atendimento à demanda nacional de energia elétrica, considerando o planejamento de longo, médio e curto prazos.</li> <li>- Estão de acordo com a atribuição do CNPE (inciso VI do art. 2º da Lei nº 9.478, de 06/08/1997, com redação dada pela Lei nº 10.848, de 15/03/2004)</li> </ul>
<b>Leilão de Energia de Reserva</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Elevar a segurança no fornecimento de energia elétrica no Sistema Interligado Nacional (SIN), com energia proveniente de usinas especialmente contratadas para esta finalidade;</li> <li>- Aplica-se a novos empreendimentos de geração ou de empreendimentos existentes;</li> <li>- A energia de reserva é contabilizada e liquidada no mercado de curto prazo operado pela CCEE;</li> <li>- Gerou o Encargo de Energia de Reserva (EER), destinado a cobrir os custos decorrentes da contratação da energia de reserva;</li> <li>- O Decreto nº 337/2008 define quem são os usuários de energia de reserva.</li> </ul>

<b>Leilão de Energia Nova</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Atender ao aumento de carga das distribuidoras (energia de usinas que ainda serão construídas);</li> <li>- Pode ser de dois tipos: A-5 (usinas que entram em operação comercial em até cinco anos) e A-3 (em até três anos).</li> </ul>
<b>Leilão de Energia Existente</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Contratar energia gerada por usinas já construídas e que estejam em operação, cujos investimentos já foram amortizados e, portanto, possuem um custo mais baixo.</li> </ul>
<b>Leilão de Ajuste</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Adequar a contratação de energia pelas distribuidoras;</li> <li>- Trata eventuais desvios oriundos da diferença entre as previsões feitas pelas distribuidoras em leilões anteriores e o comportamento de seu mercado;</li> <li>- Resultado: contratos de curta duração (três meses a dois anos).</li> <li>- A Resolução Normativa Aneel nº 411/2010 aprova o modelo de edital dos Leilões de Ajuste e delega a sua realização à CCEE.</li> </ul>

Fonte: EPE

Em geral, com exceção de leilões específicos, uma arquitetura híbrida tem sido utilizada. Os leilões estruturantes ou de energia hidroelétrica se diferenciam por disputarem primeiramente pela construção do empreendimento e posteriormente a venda da energia propriamente dita.

O leilão de Belo Monte experimentou uma sistemática híbrida. Na primeira fase cada um dos participantes apresentou um preço menor ou igual a R\$ 83/MWh, preço teto do leilão definido pelo Ministério de Minas e Energia (MME). No caso as condições do leilão definiam que, se nenhum dos participantes desse qualquer lance, o leilão seria considerado vazio. Se a diferença entre os dois lances for superior a 5%, o vencedor é aquele participante que oferecer o menor preço e em seguida parte-se para definição dos percentuais destinados ao ACR (mercado regulado) e ao consumidor. Além disso, se a diferença entre os dois lances for menor ou igual a 5%, o leilão vai para a segunda fase.

Na segunda fase as rodadas são uniformes e discriminatórias, iniciando a partir do menor preço apresentado na primeira fase. O preço de lance das rodadas subsequentes é calculado aplicando-se, automaticamente, o decremento (fator de redução de preço estabelecido pelo MME e mantido em sigilo). As condições são de que se na rodada uniforme apenas um participante faz lance, se consagra vencedor. As rodadas uniformes seguem enquanto mais de um empreendedor apresentar lances no tempo estabelecido, mas se nenhum der lance, começa a rodada discriminatória e vence quem der o menor preço, com qualquer margem de diferença.

Na última fase, definido o vencedor do leilão, decide-se o percentual destinado ao ACR (mercado regulado). A partir dessa definição, calcula-se o preço de venda final (com objetivo de obter modicidade tarifária) por meio de uma fórmula que leva em conta o preço de lance, o fator alfa (0,001 definido pelo MME) e o percentual destinado ao ACR (mercado regulado) (MME 2010). Posteriormente, faz-se o rateio da energia entre as compradoras, proporcional à demanda declarada ao MME. E por fim, faz-se o cálculo da energia destinada ao consumidor.

**Processo de licitação selada.** Os leilões de licitação selada são processos diretos em que os licitantes são obrigados a fornecer suas informações de lances diretamente ao leiloeiro. Normalmente, as ofertas são mantidas seladas até o dia do leilão para evitar que os jogadores obtenham uma vantagem através de informações privilegiadas. A principal vantagem deste tipo de esquema é a sua simplicidade. No entanto, dependendo de como o procedimento de licitação está estruturado, os esquemas de licitação selada podem estar associados a uma falta de transparência, especialmente se o processo de seleção do vencedor for complexo. Apesar dessas preocupações, os esquemas de licitação selada estão entre os leilões mais comumente implementados em todo o mundo. Os desenvolvedores de projetos tendem a ser razoavelmente confortáveis com seu design e à familiaridade relativa dos processos de licitação selada do ponto de vista dos concorrentes pode ser um aspecto positivo dessa alternativa. China, Dubai, Índia, Marrocos, Peru e África do Sul são exemplos de jurisdições que optaram por esse tipo de mecanismo (IRENA e CEM 2015).

**Processo interativo.** Os processos iterativos, ao contrário, permitem que os licitantes apenas divulguem gradualmente suas informações de oferta durante as rodadas de leilão. A forma mais comum de implementar este tipo de esquema é através de um chamado leilão de relógio descendente (ou leilão holandês), no qual, em cada rodada, o leiloeiro propõe um novo preço ligeiramente inferior ao da rodada anterior, e os participantes fazem suas ofertas, em termos de quantidade, eles estão dispostos a fornecer e esse preço. Este procedimento iterativo continua até que as quantidades fornecidas e exigidas correspondam.

Os principais benefícios de um leilão de relógio descendente estão associados à sua transparência e à revelação de informações pelos licitantes. Um exemplo de lances iterativos é encontrado nos leilões italianos de energia renovável organizados para plantas com mais de 5



MW para obter acesso ao incentivo tarifário. Nesta implementação particular, o leiloeiro aumenta gradualmente a porcentagem de desconto da tarifa de *feed* original oferecida aos participantes (Eberhard 2016). Os leilões de relógios ascendentes também são um exemplo de processo iterativo, mas geralmente não são usados no contexto da aquisição de energia.

Estes procedimentos iterativos continuam até atingir a capacidade alvo. Em teoria, um leilão de relógio descendente poderia levar a uma melhor descoberta de preços, uma vez que os licitantes podem rever seus lances dinamicamente à medida que o leilão evolui. No entanto, a evidência parece sugerir que potenciais fornecedores raramente revisam suas propostas ao longo do leilão. Outra desvantagem potencial é que esse tipo de revisão dinâmica geralmente depende de informações divulgadas pelo leiloeiro em cada rodada de licitação, algo evitado para não revelar muita informação impedindo colusão.

Outra limitação do leilão de relógio descendente é que os licitantes que foram demitidos em rodadas de leilões anteriores geralmente são excluídos do leilão. Além disso, o leilão de relógio descendente é unidimensional, uma vez que as ofertas em cada rodada devem ser sintetizadas em um único número: o preço. Isto significa que, para introduzir os critérios compostos de seleção do vencedor em um leilão de relógio decrescente, é necessário adquirir informações sem preço dos licitantes de antemão e agregar esta informação em um bônus ou penalidade a ser contabilizado na oferta de preço durante as rodadas de relógio descendentes. O Brasil adotou esse mecanismo em seus esquemas de leilões.

**Leilões de Energia Híbrido.** Os processos híbridos tentam combinar características de processos bidirecionais e iterativos. Eles geralmente envolvem uma fase inicial do relógio descendente seguida por uma fase de lance selada, embora outros mecanismos também possam ser adotados (Levin e Ye 2008). Como todos os licitantes que permanecem no leilão até o final devem divulgar o preço mínimo que eles estão dispostos a receber, os processos híbridos não protegem o segredo dos licitantes, como nos mecanismos de leilão puramente iterativos.

No entanto, os leilões híbridos permitem uma descoberta de preço: o momento em que a fase do relógio descendente é interrompida, a fase de lance selada começa a representar um ponto-chave no qual os participantes podem revisar suas propostas.

Ter um leilão de licitação selada como segunda fase em um processo híbrido permite que um critério de pagamento por compra seja usado para determinar o pagamento ao vencedor do leilão evitando inclusive problemas como a maldição do vencedor. Após o leilão de relógio descendente, o leiloeiro não possui nenhuma informação sobre o preço mínimo que os licitantes estariam dispostos a licitar. É por isso que os leilões iterativos puros tendem a estar fortemente associados aos preços marginais. O desejo de implementar um critério de pagamento como compra pode ser uma motivação para que os países adotem esquemas híbridos em vez da alternativa de relógio mais simples e descendente. O Brasil é um exemplo de um país que adotou esse esquema híbrido em seus leilões de eletricidade desde 2005.

Um exemplo clássico de design híbrido do processo de licitação em leilões de eletricidade no Brasil são os leilões de energia de reserva (MME 2015). O mecanismo é uma combinação de um leilão de relógio descendente seguido de uma rodada de pagamento por compra. Os leilões brasileiros são realizados totalmente através de uma plataforma online e envolvem três etapas bem definidas:

- a. O passo inicial, fase zero, envolve os licitantes que confirmam a quantidade de eletricidade (em GWh por ano) que eles estão dispostos a comprometer ao preço máximo do leilão (divulgado antecipadamente). Esta quantidade não pode ser revisada nas últimas rodadas, mesmo que o preço oferecido diminua.
- b. A primeira fase do leilão envolve rodadas múltiplas, em que o leiloeiro informa o novo nível de preço (decrementando um valor constante em USD / MWh do preço da rodada anterior) e os licitantes confirmam se desejam continuar no leilão (usando o total Quantidade oferecida na fase zero) ou não. A primeira fase é encerrada quando a oferta geral corresponde à demanda do leilão mais um certo fator de ajuste desconhecido pelos licitantes. Aqueles que permanecem no leilão passam para a segunda fase.
- c. A segunda fase funciona como um leilão de licitação selada para os licitantes que permanecem. No entanto, os licitantes não têm permissão para revisar as

quantidades oferecidas durante a fase zero e não podem oferecer um preço superior ao preço máximo em que a fase 1 foi encerrada.

Portanto, a fase um do mecanismo brasileiro possui alguns dos benefícios do processo iterativo - como a descoberta de preços e a possibilidade de adaptação ao longo do processo- mas os licitantes passam para a fase dois com informações incompletas devido ao "fator de ajuste" não divulgado na demanda. Os licitantes não sabem o quão perto estão de atender a demanda, embora eles saibam que há algum excedente na oferta, o que os incentiva a baixar suas propostas ainda mais na fase de licitação selada.

A segunda fase do processo híbrido no Brasil consegue reduzir ainda mais o preço estabelecido durante a fase de *clock* decrescente. Uma crítica a este mecanismo, no entanto, é que ele ainda inclui a principal desvantagem do leilão de *pay-on-bid* e pode levar os participantes a se engajarem no fenômeno da "maldição do vencedor", o que significa que eles não conseguiram ganhar o leilão e, em última instância, sofrer perdas econômicas como resultado. Outra desvantagem do esquema de leilão brasileiro (ou de qualquer leilão de relógio descendente em geral) é que o processo pode durar muito tempo.

**Colusão.** Os esforços para aumentar o número de licitantes em um leilão podem ajudar na prevenção de oportunidades de colusão. Esses esforços estão relacionados, por exemplo, à redução das barreiras de entrada. É a concorrência dentro de cada segmento de demanda que é relevante para oportunidades de colusão. Portanto, podendo ser explícita como no caso de tecnologia ou implícita como em casos de limitação espacial da demanda devido a restrições de transmissão, deve ser considerada cuidadosamente. Os resultados da segmentação em leilões são multiprodutos em sua natureza, o que pode oferecer oportunidades de colusão, como a coordenação entre licitadores para permitir a predominância de licitantes diferentes em diferentes segmentos. No entanto, alcançar uma alta concorrência no leilão nem sempre é possível e neste caso, podem ser adotadas medidas explícitas para evitar que a colusão afete os resultados do leilão.

Quando os leilões repetidos são realizados, os licitantes têm oportunidades de aprender a cooperar e podem desenvolver estratégias entre leilões para sinalização e punição.

Naturalmente, esses leilões repetidos oferecem aos reguladores a oportunidade de melhorar gradualmente o design do leilão em resposta a tentativas de colusão.

**Como garantir a concorrência.** Os regimes de leilão podem incluir disposições especiais para garantir um grau mínimo de concorrência no processo de licitação, conforme medido por alguns critérios avaliados pelo leiloeiro. Este tipo de mecanismo pode assumir várias formas, como restrições de capacidade máxima atribuídas a um único licitante, mecanismos de preços máximos, além dos quais nenhuma oferta pode ser aceita e outras restrições à adjudicação de produtos leiloados. (IRENA e CEM 2015)

**Restrições de capacidade máxima atribuída.** As restrições de capacidade máxima atribuídas geralmente procuram evitar que um único jogador se torne muito dominante no leilão. Em certo sentido, esse tipo de restrição pode ser semelhante às restrições máximas de tamanho do projeto embora seja mais amplo porque garante que uma empresa não pode dominar o leilão, mesmo que envie lances para múltiplos projetos separados, pluralizando o *portfolio* adquirido.

**Mecanismos de preço do teto.** Os mecanismos de preços teto implicam que as propostas que ultrapassem um limite de preço determinado serão rejeitadas automaticamente, mesmo que não haja outras propostas e o leilão não corresponderá ao seu objetivo de demanda como consequência. Normalmente, esse nível de preço máximo ou mínimo é calculado como um preço "razoável" que é compatível com os custos esperados de construção e operação da usina, impedindo que um jogador ofereça uma oferta muito maior e obtenha ganhos inesperados pela duração do contrato.

## **6. Competitividade em Leilões de Energia Nova**

Com a reforma setorial promovida pela Lei n.º 10.848/2004, o mercado de energia brasileiro foi separado em um Ambiente de Contratação Livre (ACL) e outro Ambiente de Contratação Regulado (ACR). No primeiro, os consumidores não regulados atendem a sua própria demanda e dessa forma, contratos bilaterais são estabelecidos diretamente entre geradores e consumidores livres, com livre negociação de condições como quantidade, duração e preços de contrato. No segundo, as distribuidoras informam ao regulador a quantidade de energia que desejam contratar e este agregado buscará ser adquirido em leilões.

O mecanismo de contratação por leilões tem evoluído significativamente de modo a evitar fuga de investimentos e contratação ineficiente de energia. O leilão de produtos específicos por fonte tem o múltiplo objetivo de considerar as especificidades de cada fonte, diversificando a matriz elétrica de forma a propiciar uma competição isonômica e o atendimento à garantia de suprimento. Para efeitos de expansão da matriz elétrica, leilões de energia nova são organizados em tipos “A-3” e “A-5”, de acordo com o tempo necessário para entrada em operação comercial após o leilão, e com contratos para períodos de suprimento entre 15 e 30 anos. Assim, este tipo de leilão representa uma oportunidade para o gerador em termos de venda garantida de energia com o estabelecimento de contratos de longo prazo para projetos que não foram ainda construídos, reduzindo incertezas e riscos para o investimento.

No que tange os tipos de contratos de fornecimento de energia estabelecidos nos Leilões de Energia Nova, estes podem ser na modalidade por Disponibilidade ou Quantidade, dependendo das características do projeto e, principalmente, dos riscos e formas de remuneração. Os contratos de comercialização de energia em ambiente regulado (CCEARs) direcionados para as termelétricas são da modalidade por Disponibilidade de energia. Neste contrato, a distribuidora paga uma receita fixa para o gerador termelétrico para que este esteja disponível para prover energia até o limite de sua disponibilidade contratual ao seu custo variável (CVU), de forma a protegê-la de exposições ao Preço de Liquidação das Diferenças (PLD). Assim, no caso do custo marginal operacional do sistema (CMO) superar o custo variável da usina contratada (CVU), esta será despachada e receberá pela energia fornecida acima de sua inflexibilidade valorada ao custo unitário variável declarado no leilão.

Por outro lado, na modalidade de contratação por Quantidade, usualmente direcionado para hidrelétricas, o agente vendedor é remunerado pela entrega de determinado montante de energia em MWh, por meio de receita fixa. A remuneração depende da quantidade efetivamente entregue, e, portanto, as hidrelétricas assumem o risco hidrológico.

As contratações de longo prazo buscam assegurar ao empreendedor um fluxo de recebíveis, com a inserção de uma remuneração fixa direcionada a cobrir o investimento inicial de implantação da usina (incluindo a geração inflexível), mas incorrem em maiores dificuldades de apuração de riscos e incertezas do projeto. De forma a adequar melhor os riscos, a evolução dos contratos permitiu incorporar mecanismos de repasse de riscos de modo que riscos gerenciáveis permaneçam com o empreendedor, enquanto que riscos não gerenciáveis pelo empreendedor sejam passíveis de repasse ao custo final do projeto. A determinação e quantificação dos riscos não gerenciáveis são constantemente discutidas no contexto da contratação por meio de leilões regulados, visto que determinado nível de repasse ao custo final do projeto pode afetar sua competitividade no leilão.

A competitividade do projeto termoeletrico é avaliada no sistema brasileiro por meio do Índice Custo Benefício (ICB) (EPE/ MME 2016), sendo os projetos ordenados no leilão de forma a preferenciar aqueles com menor ICB e conseqüentemente, menores custos para o consumidor. Portanto, o ICB de um empreendimento (R\$/MWh) é calculado de forma a considerar seu custo total para os compradores e seu benefício energético para o sistema conforme a Equação 9 (EPE /MME 2013). Em outras palavras, busca estimar o custo para o sistema de se agregar capacidade térmica nova em relação à possibilidade de acionamento caso os recursos existentes não sejam suficientes para atender a demanda de energia ou não sejam vantajosos em termos de minimização dos custos de operação do sistema, considerando níveis de despacho e afluências futuras.

$$ICB \equiv \frac{RF}{QL \times 8760} + \frac{COP+CEC}{GF \times 8760} \quad (9)$$

O custo total do empreendimento corresponde ao somatório de seus custos fixos aos seus custos variáveis operacionais e econômicos. Os custos fixos representam a receita requerida pelo investidor de forma a cobrir o custo total de implantação do empreendimento,

custo de conexão e uso do sistema, seguros e garantias, tributos e encargos, além de custos variáveis associados com a geração inflexível, traduzida na Receita Fixa total (RF).

O Custo Variável de Operacional esperado (COP), por sua vez, é função da geração esperada da usina a ser futuramente despachada em consideração a 2000 cenários de afluições futuras no intervalo de 60 meses à frente, descontada de sua inflexibilidade declarada (IFX), de acordo com:

$$COP \equiv \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^c CVU \times (geração_{c,m} - IFX_m) \times nhoras_m}{m \times c} \times 12 \quad (10)$$

Onde:

CVU: Custo variável unitário da usina termelétrica, em R\$/MWh.

nhoras: Número de horas do mês em questão.

No que tange a parcela de Custo Econômico de Curto Prazo esperado (CEC), esta resulta das diferenças mensais apuradas entre o despacho efetivo da usina considerando o custo variável unitário declarado (CVU) e sua garantia física também no horizonte de 60 meses à frente segundo 2000 cenários hidrológicos esperados conforme Equação 11. Assim sendo, o CEC computa o custo de compra de energia anual, valorado ao preço de liquidação de diferenças (PLD), que as distribuidoras terão sempre que a usina demonstrar geração inferior à sua garantia física.

$$CEC \equiv \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^c CMO^*_{s,c,m} \times (GF - Gera_{c,m}) \times nhoras_m}{m \times c} \times 12 \quad (11)$$

Onde:

GF: Garantia física da usina termelétrica em MW médios.

CMO\*: valor do CMO limitado ao PLD mínimo e ao PLD máximo, vigentes no ano do leilão.

No cadastramento, o empreendedor declara os parâmetros do projeto para o regulador, de forma a obter a sua qualificação antes do leilão, segundo a metodologia de cálculo do COP, CEC e da garantia física. Dentre os parâmetros a serem declarados pelo agente, tem-se a eficiência da máquina e o tipo de combustível a ser utilizado para o cálculo do custo

variável unitário (CVU) do projeto, considerando os preços de referência de combustível e taxa de câmbio para cada leilão. As taxas de indisponibilidade forçada (TEIF) e programada (IP) para o efetivo cálculo da disponibilidade máxima da usina, dado que a garantia física não avalia o empreendimento pela capacidade instalada, mas pela capacidade efetivamente disponível. Declaração do montante inflexível da usina, caso haja, a influenciar principalmente o cálculo do COP, dado a correlação negativa frente a inflexibilidade.

De maneira simplificada, o leilão ocorre em duas etapas. Na etapa inicial, o empreendedor determina a quantidade de lotes a ser ofertado no leilão, limitado pela garantia física previamente calculada pelo regulador, além da receita fixa do projeto. O leilão se inicia com o ICB elevado reduzindo-se a cada rodada e como consequência, o agente ajusta a quantidade ótima de lotes a serem ofertadas no ICB corrente. A etapa inicial é finalizada apenas quando se atinge a oferta de referência do regulador. Na segunda fase, o empreendedor deve apenas confirmar, a cada rodada, a quantidade de lotes já determinada ao final da primeira fase para permanência no leilão. Os ICBs dos projetos são então ordenados em ordem decrescente e a quantidade de lotes oferecida excedente à demanda das distribuidoras é retirada do leilão.

Assim, o agente vendedor já com os custos variáveis econômicos e operacionais esperados, assim como a garantia física calculada pelo regulador, observa o ICB decrescendo e caso queira permanecer no leilão, deve apresentar o ICB de seu projeto compatível com aquele apresentado na rodada vigente. Desse modo, o agente pode abrir mão gradativamente de parte da receita fixa total do projeto para permanecer no leilão. Deve-se ressaltar que as reduções na receita fixa total podem significar riscos maiores para o empreendimento em termos de sustentabilidade econômico financeira de longo prazo. E ainda, em casos de inflexibilidade declarada, essa redução na receita fixa se torna mais restrita, dado que a remuneração da geração inflexível será dada unicamente por esta. Conforme mencionado anteriormente, a eficiência da usina para cálculo do custo variável unitário (CVU) é utilizado também para cálculo da Receita Fixa associada ao custo do combustível para geração inflexível.



## 7. A maldição do ganhador aplicado a Leilões de Energia Nova

O valor do bem econômico a ser leilado é comumente desconhecido a todos os licitantes no momento do leilão (Krishna 2009). Dessa forma, o sinal de preço é observado de maneira diferente por cada agente no leilão, considerando que é estimado a partir de sinais gerais ou de conhecimento apenas privado por cada um.

De fato, como já anteriormente referido, outros licitantes podem possuir informações ou sinais adicionais que, se conhecidos, poderiam afetar o valor que um determinado licitante atribui ao bem econômico. No caso de leilões de energia é possível que um licitante tenha conhecimentos mais específicos sobre os riscos de projetos de geração no longo prazo como riscos de penalidade por geração abaixo do requisitado pelo sistema ou efeitos da curva da banheira (Klutke 2003), enquanto que outros não. Neste caso, as avaliações atribuiriam sinais de preços distintos e, por conseguinte, valores também distintos. Portanto, o primeiro tende a atribuir uma curva de aversão ao risco mais rigorosa do que o segundo. Deste modo os valores atribuídos por cada licitante a partir do respectivo sinal de preço são geralmente valores interdependentes.

Antes do leilão, a única informação disponível a um proponente, digamos proponente ou licitante 1, é o seu próprio sinal de preço ou informação  $X_1 = x$ . A partir do sinal de preço disponível, sua estimativa de valor do bem a ser leilado é evidentemente  $\mathbf{E} [V | X_1 = x]$ . No caso de oferta em um leilão selado de primeiro preço, quando o licitante 1 é o vencedor temos que, se todos os licitantes são simétricos e seguem a mesma estratégia  $\beta$ , então este fato revela ao licitante 1 que o seu sinal de preço ( $x$ ) foi o maior do que todos os outros  $N - 1$  sinais (Klutke 2003).

Como resultado, o licitante 1 percebe que a estimativa de valor, ao se consagrar vencedor,  $\mathbf{E} [V | X_1 = x, Y_1 < x]$ , é claramente menor que  $\mathbf{E} [V | X_1 = x]$ . Temos que todos os outros sinais de preço são inferiores ao seu próprio sinal de preço. Portanto, o resultado do leilão expõe a diferença entre os preços atribuídos pelos demais agentes e o do vencedor.

No caso de leilões de energia nova, cada agente declara os parâmetros de seu projeto para o regulador de forma a ter seu preço (ICB) calculado. Durante o leilão, o preço se reduz conforme o menor preço oferecido pelos agentes a cada rodada. Tecnicamente, trata-se de um leilão descendente selado de primeiro preço. Assim, o agente deve decidir permanecer ou não no certame, considerando a receita fixa associada aos custos fixos como a única variável capaz de ser reduzida. O negócio é fechado com o proponente que ofertar o produto ao menor preço, ao seu respectivo valor de lance.

Os proponentes se defrontam com um dilema na definição do lance de preço. Aceitar o preço na rodada que exija redução da receita fixa estimada para o projeto incorpora riscos a sustentabilidade de longo prazo do projeto. Por outro lado, não aceitar a redução da receita fixa para se manter no leilão acarreta em sair perdedor do leilão, incorrendo em quebra de contrato com financiadores do projeto.

A impossibilidade de se prever o efeito de uma redução na receita fixa no fluxo de caixa do projeto, considerando a volatilidade de preços e despacho esperado em sistemas predominantemente hidrotérmicos, pode tornar o agente menos avesso ao risco para se consagrar vencedor do leilão. Neste sentido, estratégias de licitação que atribuem risco ao projeto resultam no que se denomina a maldição do vencedor, significando a probabilidade de o vencedor ter assumido um preço incoerente com o valor real.

O fenômeno da maldição do vencedor é mais evidente em leilões de valor comum puro (bem de mercado) em que cada sinal de preço do licitante  $i$ , é dado por  $X_i = V + \varepsilon_i$ . Suponha que os diferentes  $\varepsilon_i$  são independentes e identicamente distribuídos e satisfazem  $E[\varepsilon_i] = 0$ . Nesse caso simples, o sinal de cada licitante é um estimador imparcial do valor comum, isto é, para todo  $i$ , por construção,  $E[X_i | V = v] = v$ .

No entanto, embora cada sinal individual seja um estimador não enviesado do valor real do bem, o maior dos  $N$  valores não é. De fato, observe que  $E[\text{Max}(X_1, X_2, X_3, \dots, X_n) | V = v] > \text{Max}_i E[X_i | V = v] = v$ , sendo a função  $\text{Max}()$  uma função convexa. Isso mostra que o valor esperado do sinal mais alto superestima o valor do bem. Assim, os licitantes podem precisar moderar as suas propostas abaixo de suas estimativas iniciais a fim de evitar a maldição do vencedor. Ademais, temos que a magnitude da maldição do vencedor aumenta com o número

de licitantes no leilão. Em outras palavras, a notícia de que um sinal é o mais alto dentre 200 licitantes é pior do que a notícia que é o mais alto dentre 10 licitantes (Kagel and Levin 1993). Assim, ressalta-se que a maldição do vencedor pode ser evitada se o licitante corretamente corrigir o valor a ser ofertado (Klemperer 2002).

Outro aspecto está no papel do regulador em reduzir o número de projetos que possam vir a impactar a segurança energética do sistema. O Teorema de Coase (Hurwicz 1995) afirma que, numa transação econômica com externalidades, se os direitos de propriedade forem bem definidos e se os custos de transação forem suficientemente baixos, então a solução privada é socialmente ótima. Assim, não existiria qualquer necessidade de intervenção do governo na correção da externalidade, considerada falha de mercado. O único papel do governo seria assegurar que os direitos de propriedade estivessem bem definidos e que a livre negociação fluísse sem custos de transação.

## **8. Conclusões**

Os leilões são mecanismos que visam promover a expansão do parque gerador do país, de forma a garantir a modicidade tarifária para o consumidor e segurança energética no longo prazo. No entanto, torna-se necessário que o mecanismo também garanta sustentabilidade financeira dos projetos no longo prazo, contingente aos riscos assumidos pelo empreendedor no momento do lance no leilão. Neste sentido, analisar os tipos de mecanismos adotados no país, critérios de competitividade para a inserção dos projetos e possíveis falhas são necessários de forma a reduzir o número de projetos que não são entregues ou que tem sua operação comercial suspensa por motivos relacionados aos riscos assumidos no momento do lance e que incorrem em déficits no fluxo de caixa de longo prazo do empreendedor.

Ainda, como a contratação para novos empreendimentos é baseada em contratos de longo prazo, para que o atual modelo regulatório seja capaz de efetivamente atingir os objetivos de segurança energética e modicidade tarifária, o equilíbrio entre custos e benefícios deve ser avaliado. O fato é que o longo prazo traz incertezas sobre a remuneração dos geradores e conseqüentemente sobre os preços dos consumidores. A tendência é que o nível de incerteza seja cada vez mais elevado, e por isso, deve-se promover competição e o investimento através de uma estrutura regulatória transparente e bem definida.

## 9. Bibliografia

- Athey, Susan, and Philip A. Haile. "Empirical models of auctions." *National Bureau of Economic Research*, nº w12126 (2006).
- Ausubel, Lawrence M., and Paul Milgrom. "The lovely but lonely Vickrey auction." *Combinatorial Auctions*, 2006: 22-26.
- Bulow, Jeremy, e Paul Klemperer. "Prices and the Winner's Curse." *RAND journal of Economics*, 2002: 1-21.
- Coase, Ronald Harry. "The firm, the market, and the law." 2012.
- Coppinger, Vicki M., Vernon L. Smith, and Jon A. Titus. "Incentives and behavior in english, dutch and sealed auctions." *Economic Inquiry*, 1980: 1-22.
- Cox, J. C., e L. R. Mark. "In search of the winner's curse." *Economic Inquiry* 22 (1984): 579-92.
- Csereklyei, Zsuzsanna, Mar Rubio, e David I. Stern. "Energy and economic growth: The stylized facts." 2014.
- Eberhard, Anton, and Tomas Kåberger. "Renewable energy auctions in South Africa outshine feed-in tariffs." *Energy Science & Engineering* 4, nº 3 (2016): 190-193.
- EPE /MME. "Índice de Custo Benefício (ICB) de Empreendimentos de Geração Termelétrica – Metodologia de Cálculo." *ICB\_ NT EPE-DEE-RE-102-2008-r6\_2013-09-11*. EPE.gov, 2013.
- EPE/ MME. "Índice Custo Benefício (ICB) de Empreendimentos de Geração." *Nº EPE-DEE-RE-102/2008-r7*. Brasília: EPE/MME, 15 de 03 de 2016.
- European Commission. *European Commission. European Commission guidance for the design of RES support schemes*. Guidelines, Bruxelas: European Commission, 2013.
- Gephart, M., C. Klessmann, e F. Wigand. "Renewable Energy Auctions - When are they (cost-)effective?" 2017: 145-165.
- Goeree, Jacob K., and Theo Offerman. "Competitive bidding in auctions with private and common values." *The Economic Journal*, 2003: 598-613.
- Hendricks, K., J. Pinkse, e R. H. Porter. "Empirical implications of equilibrium bidding in firstprice, symmetric, common value auctions." *Review of Economic Studies* (70), 2003: 115-145.
- Hurwicz, Leonid. "What is the Coase theorem?" *Japan and the World Economy*, 1995: 49-74.
- IRENA, e CEM. *Renewable energy auction- a guide to design*. Report, Abu Dhabi, Emirados Árabes Unidos: IRENA, 2015.
- Jones, Charles I., e Paul M. Romer. "The new Kaldor facts: Ideas, institutions, population, and human capital." *American Economic Journal: Macroeconomics*, 2010: 224-245.

- Kagel, J. H. "Auctions: A Survey of Experimental Research," in *The Handbook of Experimental Economics*. Edição: Roth A. E. Princeton: Princeton University Press., 1995.
- Kagel, J. H., and Dan. Levin. "The winner's curse and public information in common value auctions." 1986: 894-920.
- Kagel, J. H., e D. Levin. *Auctions: A Survey of Experimental Research, 1995-2008*. Edição: J. H. Kagel e A. E. Roth. Vols. Handbook of Experimental Economics, vol 2. Princeton: Princeton University Press, 2008.
- Kagel, John H., and Dan Levin. "Independent Private Value Auctions: Bidder Behaviour in First-, Second- and Third-Price Auctions with Varying Numbers of Bidders." *The Economic Journal*, 1993: 868-879.
- Kagel, John H., Levin, Dan. "Implementing efficient multi-object auction institutions: An experimental study of the performance of boundedly rational agents." *Games and Economic Behavior*, 2009: 221-237.
- Klemperer, Paul. "What really matters in auction design." *Journal of Economics Perspectives*, 2002: 169-189.
- Klutke, Georgia-Ann, Peter C. Kiessler, and Martin A. Wortman. "A critical look at the bathtub curve." *IEEE Transactions on Reliability* 52, no. 1 (2003): 125-129.
- Krishna, Vijay. "Auction Theory." 2nd ed. Burlington, MA: Academic Press, 2009.
- Levin, Dan, e Lixin Ye. "Hybrid auctions revisited." 2008: 591-594.
- Levin, Jonathan. "Lecture Notes - Unpublished Manuscript." *Auction theory*. Stanford University, 2004.
- Levin, Jonathan, Susan Athey, and Enrique Seira. "Comparing open and sealed bid auctions." *Theory and evidence from timber auctions*, 2004.
- Maskin, Eric S., and John G. Riley. "Auction theory with private values." *The American Economic Review*, 1985: 150-155.
- MATTOS, C. "Licitações da ANP, Petrobras e a Maldição do." Em *Marcos Regulatórios no Brasil: incentivos ao investimento e governança regulatória*, por L. H. SALGADO e R. S. MOTTA, 65-97. Rio de Janeiro: IPEA, 2008.
- Menezes, Flávio M. *An introduction to auction theory*. Oxford: Oxford University Press, 2008.
- Menezes, Flávio M. "Uma Introdução à Teoria de Leilões." *Brazilian Review of Econometrics* 14 n. 2 (nov 1994): 235-255.
- Milgrom, Paul. "Auctions and bidding: A primer." *The journal of Economic Perspectives*, 1989: 3-22.
- Milgrom, Paul, and Robert J. Weber. "The value of information in a sealed-bid auction." *Journal of Mathematical Economics*, 1982: 105-114.
- MME. "Portaria Nº 70/2015." *Leilão de Energia Reserva*. Brasília, 16 de 03 de 2015.
- . "Portaria Nº 98/2010." *Sistemática Leilão UHE Belo Monte*. 17 de 03 de 2010.

- Smulders, Sjak, e Michiel. De Nooij. "The impact of energy conservation on technology and economic growth." *Resource and Energy Economics*, 2003: 59-79.
- Swinkels, Jeroen M. "Efficiency of large private value auctions." *Econometrica* 69, no. 1 (2001): 37-68.
- Thaler, R. H.,. "The winner's curse." *Journal of Economic Perspectives* 2(1) (1988): 191-202.
- Vickey, William. "Counterspeculation, auctions, and competitive sealed tenders." *The Journal of finance* 16, nº 1 (1961): 8-37.
- Von der Fehr, N-H., and David Harbord. "Competition in Electricity Spot Markets: Economic theory and international experience." *Memorandum, Department of Economics, University of Oslo*, 1998.
- Wolfstetter, Elmar. "Auctions: an introduction." *Journal of economic surveys* 10, nº 4 (1996): 367-420.
- Zhoucheng Zheng, Charles. "Optimal auction with resale." *Econometrica*, 2002: 2197-2224.