

Teoria dos Leilões: Formulações e Aplicações no Setor Elétrico.

P. B. Correia, C. R. Lanzotti e A. J. Silva

RESUMO

Leilões são mecanismos dinâmicos e eficientes utilizados na comercialização de bens em mercados complexos, principalmente quando não existe uma referência estável de preço. Podem ser definidos como um método formal para alocar recurso baseado na competição, onde vendedor e comprador buscam o maior benefício possível. Neste trabalho são apresentados os principais tipos de leilões, suas formulações, formas de aplicação no setor elétrico e algumas das estratégias gerais usadas em leilões. No setor elétrico podemos identificar vários ambientes de aplicação de leilões. São eles: leilões de empreendimentos, mercado de contratos bilaterais, mercado spot e o antigo mercado de cotas. O mecanismo de leilão é utilizado para que os agentes do setor elétrico possam ter uma idéia do preço da energia elétrica, no caso de sua aplicação em mercados, ou do preço de concessões, no caso dos leilões de empreendimentos, sendo um mecanismo justo e eficiente de fixação de preços. É um mecanismo econômico responsável por sinalizar ao mercado o preço de um bem cujo valor seja de difícil determinação.

PALAVRAS-CHAVE

Comercialização, Setor Elétrico, Teoria dos leilões

I. INTRODUÇÃO

O mecanismo de leilão é utilizado em uma grande gama de transações econômicas através de diferentes ambientes de comercialização. A teoria dos leilões ainda é vista como um campo especializado, distinto do escopo principal da teoria econômica. A ligação entre a teoria dos leilões e a teoria econômica “padrão” é ampla, e seu entendimento é útil para a elaboração de estratégias na análise de diversos fatores econômicos. Por ser um ambiente econômico simples e bem definido, o leilão fornece uma valiosa base de teste para a teoria econômica, especialmente para a teoria dos jogos com informação incompleta.

A teoria dos leilões tem sido importante no entendimento de outros métodos de formação de preço, em sua maioria com preços fixados e negociações nas quais o comprador e o vendedor estão envolvidos na determinação do

preço. Existe uma estreita ligação entre leilões e mercados competitivos. Há também uma analogia entre a teoria de leilões ótimos e a teoria de fixação de preços tanto no monopólio como no oligopólio [1].

Tipos de leilão

Um leilão pode ser classificado em vários tipos com respeito à:

- Posição dos participantes:
 - Leilão duplo;
 - Leilão de oferta;
 - Leilão de demanda.
- Revelação do preço:
 - Aberto (Inglês);
 - Fechado (Holandês).
- Preço de liquidação:
 - Uniforme: Primeiro ou segundo preço;
 - Discriminatório.

Estes formatos básicos podem ser combinados em leilões de duas ou mais rodadas. Também é usual que regras sejam adicionadas como: preço de reserva, tempo máximo para realização do lance, taxa de participação.

A) Posição dos participantes

Em um *leilão duplo* temos: de um lado os vendedores que ofertam uma mercadoria; e do outro lado compradores que demandam esta mercadoria. A negociação entre os vendedores e compradores pode ser intermediada por um leiloeiro ou acontecer diretamente entre eles, atuando o leiloeiro apenas como organizador do leilão. Quando os participantes de um lado tomam conhecimento dos lances dos participantes do outro lado diz-se que o leilão é de participantes identificados, caso contrário, o leilão é de participantes não identificados. A figura 1 apresenta um esquema de um leilão duplo com participantes identificados [2].

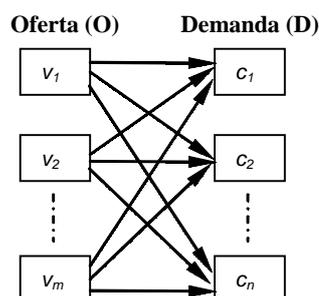


FIGURA 1 - Leilão duplo com participantes identificados

P. B. Correia é professor Dr. do departamento de energia da FEM/ UNICAMP (e-mail: pcorreia@fem.unicamp.br).

C. R. Lanzotti é aluna de doutorado do departamento de energia da FEM/ UNICAMP (e-mail: lanzotti@fem.unicamp.br).

A. J. Silva é aluno de mestrado do departamento de energia da FEM/ UNICAMP (e-mail: adrianojs@fem.unicamp.br).

No *leilão de oferta*, apenas os vendedores efetuam lances, eles ofertam um bem que o leiloeiro pretende comprar/licitar. O leiloeiro pode fixar um preço de reserva acima do qual o bem não é adquirido e vence aquele que fizer o melhor lance de oferta, o menor.

Em um *leilão de demanda*, somente os compradores efetuam lances, eles demandam um bem que o leiloeiro pretende vender/outorgar. O leiloeiro pode fixar um preço de reserva abaixo do qual o bem não é vendido e vence aquele que fizer o lance mais alto [1].

Este tipo de leilão pode ser aplicado no mercado de contratos bilaterais e a formulação do problema de otimização que resolve este tipo de leilão é apresentada abaixo:

$$\begin{aligned}
 \max \quad & \sum_{v \in V} \sum_{c \in C} (lcv - lvc) xvc \\
 \text{s.a} \quad & \sum_{c \in C} xvc \leq Ov, \quad v \in V \\
 & \sum_{v \in V} xvc \leq Dc, \quad c \in C \\
 & xvc \geq 0, \quad v \in V, \quad c \in C.
 \end{aligned} \tag{1}$$

onde:

- c índice do comprador;
- v índice do vendedor;
- D demanda de energia;
- O oferta de energia;
- lcv preço que c apresenta a v;
- lvc preço que v apresenta a c;
- xvc quantidade que v negocia com c.

Para leilões onde os participantes não são identificados, o esquema muda, acrescenta-se o leiloeiro entre os agentes. A figura 2 mostra este esquema:

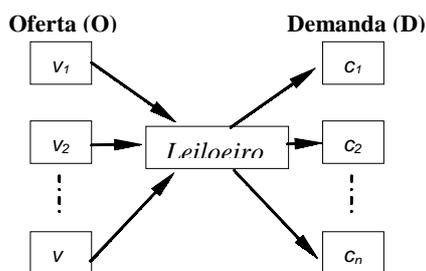


FIGURA 2 - Leilão duplo com participantes não identificados

O modelo matemático que otimiza este leilão é apresentado abaixo:

$$\begin{aligned}
 \max \quad & \sum_{c \in C} lxc - \sum_{v \in V} lxxv \\
 \text{s.a} \quad & \sum_{v \in V} xv - \sum_{c \in C} xc = 0 \\
 & 0 \leq xv \leq Ov, \quad v \in V \\
 & 0 \leq xc \leq Dc, \quad c \in C
 \end{aligned} \tag{2}$$

onde:

- xc quantidade negociada de c para o leiloeiro;
- xv quantidade negociada de v para o leiloeiro;
- lc preço ofertado pelo comprador c;
- lv preço ofertado pelo vendedor v.

O tipo de leilão apresentado na figura 2 é utilizado pelo leiloeiro que deseja maximizar seu benefício comprando de um lado e vendendo do outro, este é o comportamento esperado do corretor de energia, das empresas varejistas atuando no mercado de contratos bilaterais de curto e longo prazo.

O preço de liquidação é definido no intervalo entre os lances de oferta e demanda, quando o lance de oferta for inferior ao lance de demanda [2].

Fazendo o leiloeiro assumir a posição de comprador em qualquer das figuras e equações (1) e (2) teremos o seguinte esquema:

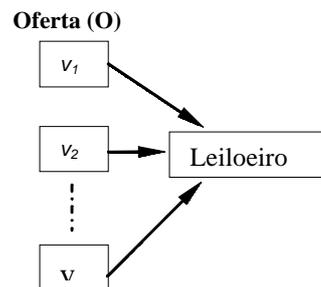


FIGURA 3 - Leilão de oferta

Como não existe garantia de que o vendedor irá efetuar lances aceitáveis, o leiloeiro (comprador) pode adotar um preço de reserva pc acima do qual o bem não é negociado. O modelo que otimiza este tipo de leilão, minimizando os custos da compra para o leiloeiro, está apresentado abaixo:

$$\begin{aligned}
 \min \quad & \sum_{v \in V} lxxv + \pi c y c \\
 \text{s.a} \quad & \sum_{v \in V} xv + \pi c \geq D \\
 & 0 \leq xv \leq Ov, \quad v \in V \\
 & 0 \leq y c
 \end{aligned} \tag{3}$$

onde: yc é a energia não comprada (comprada de si mesmo).

Para não considerar o preço de reserva, basta atribuir valor nulo a πc . Da mesma forma, fazendo o leiloeiro assumir o lugar do vendedor temos o seguinte esquema:

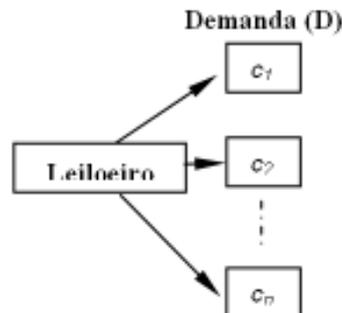


FIGURA 4 - Leilão de oferta

O leiloeiro (vendedor) pode vir a adotar um preço de reserva π_v abaixo do qual ele não está disposto a vender. O modelo de otimização que maximiza os lucros do leiloeiro é o seguinte:

$$\begin{aligned} \max \quad & \sum_{v \in V} l_c x_c + \pi_v y_v \\ \text{s.a} \quad & \sum_{c \in C} x_c + \pi_v \geq 0 \\ & 0 \leq x_c \leq D_c, \quad c \in C \\ & 0 \leq y_v \end{aligned}$$

onde: y_v é a quantidade de energia não vendida (vendida para si mesmo).

Para desconsiderar o preço de reserva, basta atribuí-lo valor zero.

B. Revelação do preço

Quando os lances são realizados sequencialmente, onde os agentes tomam conhecimento do lance dos seus adversários e cada lance é maior que o imediatamente anterior, temos o chamado *leilão aberto ou Inglês*. Ganha o participante que fez o último lance, desde que o preço de reserva tenha sido atendido. Este leilão permite que o valor de oportunidade de cada participante seja confrontado com os demais.

No *leilão fechado (Holandês)* os lances são apresentados simultaneamente ao leiloeiro em envelopes fechados. Ganha o participante que fizer o melhor lance, desde que o preço de reserva tenha sido alcançado. Este leilão exige que cada participante faça o lance considerando exclusivamente seu valor de oportunidade, pois ele somente toma conhecimento dos demais lances quando o leilão está encerrado.

C. Preço de fechamento

Em um leilão, o preço pode ser definido como *uniforme* ou *discriminatório*. No primeiro caso, todos os participantes pagam o mesmo preço, independentemente do valor de seus lances. No segundo caso cada participante faz o pagamento de acordo com suas ofertas.

Os *leilões uniformes* podem ser de primeiro ou segundo preço. No *leilão de primeiro preço* ganha o participante que fizer o melhor lance, onde o preço de liquidação corresponde ao lance ganhador. No *leilão de segundo preço* (Vickrey) vence o participante que fizer o melhor lance, mas o preço de liquidação corresponde ao melhor lance perdedor. O leilão fechamento de preços do tipo discriminatório é o mais apropriado para o leiloeiro que deseja atuar como corretor. Pois ele compra o bem ao menor preço possível e vende ao maior preço possível.

III. ESTRATÉGIAS

As estratégias em um leilão se baseiam no comportamento racional de cada agente na escolha de seu próprio lance, que deve também considerar sua expectativa acerca dos lances dos outros participantes. Cada agente deve escolher uma estratégia que lhe proporcione maior ganho, que pode ser expresso monetariamente ou em termos da sua utilidade.

Cada leilão tem uma peculiaridade: no leilão Inglês os agentes aprendem com o decorrer dos lances, durante o curso do leilão o agente terá uma idéia de quanto vale aquele bem para seus adversários. Diz-se que há aprendizado no leilão do tipo Inglês. No leilão de primeiro preço ou Holandês clássico o leilão é de apenas uma jogada, ou seja, o único lance do leilão levará o bem. Os agentes só têm noção de qual o preço de fechamento depois de encerrado o leilão. Este tipo de leilão força aos participantes a revelação do seu respectivo preço de oportunidade.

O lance ótimo é composto do custo marginal mais o *markup* que depende do custo marginal e da probabilidade de ganhar o leilão com um lance acima do custo marginal e do número de participantes do mercado.

A. Estratégia geral do leiloeiro

Os quatro leilões podem ser organizados a partir do mais eficiente da seguinte forma: Leilão Inglês ascendente, de segundo-preço (Vickrey), Holandês descendente e fechado de primeiro-preço. Essa ordem reforça a melhor estratégia, que é revelar todas as informações sobre o bem, uma vez que assimetria entre os agentes pode gerar lances menos agressivos [3]. O risco também exerce um papel importante na análise de estratégias como será visto no tópico de aversão ao risco.

B. Estratégia geral do agente

A estratégias dos agentes envolvidos depende do tipo de leilão que está sendo realizado. No *leilão Inglês ascendente* a estratégia é dar lances pouco superiores ao valor mais alto e parar quando os lances tiverem alcançado seu valor de oportunidade. Esta estratégia é ótima, pois o agente sempre negociará o bem enquanto seu preço for inferior ao seu valor estimado. A vantagem do leilão inglês é que o agente obtém informações a cada lance, permitindo que o mesmo avalie o valor de oportunidade e a estratégia dos outros participantes durante o leilão.

Tanto no *leilão Holandês descendente* quanto no *leilão fechado de primeiro-preço*: a estratégia é dar um lance igual ao valor de oportunidade do bem, uma vez que o agente não possui informação dos lances e conseqüentemente das estratégias de seus concorrentes.

No *leilão Vickrey* a estratégia dominante é dar um lance igual ao valor de oportunidade, já que o agente pode perder o leilão dando um lance inferior. Dando um lance superior ao seu valor de oportunidade, o agente pode sofrer a “maldição do ganhador”.

IV. AVERSÃO AO RISCO

Dados o conjunto de eventos e o objetivo em vista, são considerados sucessos os eventos que permitem atingir o objetivo e fracassos os eventos que não permitem atingi-los. Assim, o risco seria igual à probabilidade que uma seqüência de eventos teria para resultar no fracasso.

A teoria econômica assume que a maior parte dos indivíduos tem aversão ao risco. Quanto maior a possibilidade de retorno, maior o risco envolvido. Determinado um nível de rentabilidade desejado, decorre inevitavelmente um risco a ser suportado. Assim, a primeira decisão do investidor é a definição de uma combinação entre risco e retorno aceitável. A minimização do risco para um determinado nível de retorno pode ainda ser influenciada por meio de diversificação, seguro (*hedging*) ou obtenção de informações adicionais. O *hedging* é uma operação comum em bolsas, porém pode ser realizada em operações na empresa. Para isto, é preciso que o agente interessado contrate os serviços de um banco ou uma seguradora. A quantificação do risco no setor elétrico brasileiro é objeto de estudo em muitas universidades através de programas de P&D, visto que grande parte dos bancos e seguradoras pouco entendem da nova commodity energia.

V. APLICAÇÃO DOS LEILÕES NO SETOR ELÉTRICO

A reestruturação do setor elétrico criou vários ambientes para a comercialização de energia. O mecanismo de leilão se aplica em todas as situações de compra e venda no setor elétrico. São elas: outorga de concessões para exploração de empreendimentos de geração e transmissão, na compra e venda de energia a partir de contratos bilaterais de curto e longo prazos, contratação de serviços ancilares e compra e venda de cotas de consumo de energia.

A. Leilão de empreendimento

Os leilões de empreendimentos são decorrentes das concessões para construção de instalações e exploração das atividades de geração e transmissão, licitadas pela ANEEL. Neste leilão, o empreendimento é oferecido pela

ANEEL como um único item (indivisível), através de um leilão de demanda para a geração e de oferta para a transmissão. Nos leilões de geração os participantes compram a concessão, enquanto no leilão de transmissão vendem o serviço de transmissão. Assim, os formatos de leilão usados para usina de geração e linha de transmissão são diferentes. Em ambos, o ganhador recebe integralmente o direito de construir a instalação e explorar a concessão.

A geração é licitada em um leilão de demanda aberto (Inglês). O valor do lance inicial é definido pelo leiloeiro através de consultoria para avaliação de ativos. O valor do incremento dos lances subseqüentes também é fixado pelo leiloeiro, que pode modificá-lo no andamento do leilão. A principal razão para manter o incremento fixado pelo leiloeiro é evitar que um participante estratégico manipule o leilão através da “maldição do ganhador”.

A transmissão é uma atividade regulada, e sua remuneração é fixada pela ANEEL através dos leilões de concessão. Os interessados fazem lances para a remuneração que receberiam na exploração da concessão. A linha de transmissão é licitada em um leilão de oferta com duas rodadas e preço de reserva. A primeira rodada corresponde a um leilão fechado de primeiro preço. É definida uma faixa de competição, até 5% do preço de liquidação desta primeira rodada, que qualifica os participantes para a segunda rodada. O papel da faixa de competição é incentivar os participantes a fazerem lances competitivos na primeira rodada.

B. Mercado bilateral

O mercado bilateral é o ambiente de comercialização que apresenta maior liberdade quanto aos formatos dos leilões de comercialização de energia elétrica. Neste mercado, o comercializador pode organizar seu próprio leilão, cujas regras ele define de forma a atrair participantes. Simultaneamente, ele também pode participar de leilões organizados por terceiros. O mercado bilateral pode ocorrer em bolsas de energia ou no balcão de concessionária de energia.

A negociação em bolsa gera maior liquidez no mercado, elas se constituem em um ambiente de negociação propício para que o mercado funcione em condições de concorrência perfeita. As bolsas possuem algumas funções básicas, como por exemplo: a definição de regras sob as quais funciona o mercado, fornecimento de condições físicas para que o mercado funcione, produção de informações rotineiras sobre o mercado e, por fim, criam mecanismos de auto-regulação para resolver questões conflitantes e evitar possíveis manipulações de preços.

Uma bolsa de contratos futuros de energia pode ser vista como um leilão aberto duplo com participantes identificados, onde os lances de oferta e demanda são confrontados em tempo real. Sendo um leilão aberto duplo, permanentemente em operação, existe uma completa flexibilidade para correção das estratégias dos participantes.

A grande vantagem da bolsa é agilizar a negociação na medida em que padroniza contratos e viabiliza um centro de liquidez. Ela também é muito importante para a construção das expectativas do preço futuro da energia elétrica. O mercado futuro também oferece um *hedge* para a volatilidade do preço spot.

O mercado de balcão é responsável pela comercialização de grande parte da demanda de energia das empresas distribuidoras e varejistas. No mercado de balcão das concessionárias, assim como em uma bolsa, é possível formatar contratos à vista e a termo. Derivativos como opções de compra (*calls*), opções de venda (*puts*) e *swaps* também são formatados, porém em pequena escala [4]. Na opção de compra, o detentor tem o direito, mas não a obrigação de comprar um certo montante de energia, em uma certa data, por um determinado preço. Na opção de venda, o detentor também possui o direito, mas não a obrigação de vender um certo montante de energia, em uma certa data, por um determinado preço. Em uma operação a termo, compra-se ou vende-se energia, a um preço fixado, para liquidação em prazo determinado [5].

O mercado realizado na empresa apresenta dificuldades para a sinalização do preço de mercado. Este preço é mais bem sinalizado em um ambiente de bolsa. Se o comercializador dispõe de informações confiáveis sobre o preço de mercado, ele poderá fechar bons negócios no mercado de balcão, principalmente se houver uma grande assimetria de informação entre as partes envolvidas no contrato bilateral. Por outro lado, caso ele não disponha de boas informações sobre o preço de mercado, negócios desastrosos podem ser fechados.

O mecanismo de leilão fornecerá um sinal de preço que auxiliará na comercialização de energia ou contratos em balcão.

C. Mercado de cotas

O mercado de cotas de consumo aflorou em consequência do racionamento de energia. Sua principal motivação foi permitir uma acomodação das metas de consumo estabelecidas compulsoriamente para os consumidores. Ele foi implementado como leilão fechado duplo de um bem homogêneo. Como eram comercializados certificados mensais de cotas de consumo, este leilão foi repetido com certa frequência.

Um aspecto interessante deste leilão é a consolidação da experiência de um leilão duplo, com lances de oferta e demanda. Isto pode incentivar a inclusão dos lances de demanda no MAE.

VI. CONCLUSÕES

Leilões são mecanismos amplamente utilizados quando não se conhece com segurança o valor do bem negociado que passa a ser fixado em função da expectativa do mercado.

A utilização de leilões em maior escala remete à questão de melhor compreendê-los, tanto com respeito às possibilidades de formato quanto às estratégias de participação. A reestruturação do setor elétrico criou vários novos ambientes de comercialização que enfatizam o uso de leilões. Alguns deles cumpriram uma função temporária, existem os que estão cada vez mais sedimentados no mercado, porém outros estão por ser criados.

Através da utilização da teoria de leilão é possível obter informações a partir de sinais de preços e obter um histórico de estratégias de participantes em um mercado competitivo, como o que vem sendo implantado no setor elétrico no país. Produzir informações relativas a estratégias tomadas por concorrentes no passado pode subsidiar bons lances em disputas futuras. Por fim, os leilões podem ser formatados de acordo com a necessidade e a estratégia de comercialização da empresa de energia, podem ser usados para firmar vários tipos de contratos além da venda de energia em si.

VII. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a contribuição de F. C. Munhoz e G. S. Masili durante a elaboração deste trabalho.

VIII. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] P. Klemperer. "Auction theory: a guide to the literature". *Journal of economic surveys*, vol. 13(3), pp. 227-286, 1999.
- [2] S. Dekrajangpetch and G. B. Sheblé. Structures and formulations for electric power auctions. *Electric Power Systems Research*, vol. 54, pp 159-167, 2000.
- [3] K. Reynolds. "Going, Going, Gone! A Survey of Auction Types. *Agorics, Inc*" 1996 (<http://www.agorics.com/Library/auctions.html>)Silva
- [4] J. R. F. da Silva. "Operações com derivativos – registros contábeis nas empresas do setor elétrico". *VIII SEPEF*. 9p.Recife, 2000.
- [5] M. Kawai Jr. "Comportamento dos especuladores no boom e no crash do mercado de derivativos". Dissertação de mestrado, pp 13-29. 134 p. IE-UNICAMP Campinas, 1999.