



**XXI SNPTTE
SEMINÁRIO NACIONAL
DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA**

23 a 26 de Outubro de 2011
Florianópolis - SC

GRUPO -6

GRUPO DE ESTUDO DE COMERCIALIZAÇÃO, ECONOMIA E REGULAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA - GCR

LEILÃO DE SEGUNDO PREÇO ESCALONADO: UMA INOVAÇÃO NO PROCESSO DE COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

Eduardo Henrique Diniz Fittipaldi(*)
Chesf

Francisco S. Ramos
UFPE

RESUMO

Energia elétrica pode ser considerada um produto que pode ser dividido em porções menores sem perder as características originais. No modelo de leilão para comercialização de energia elétrica proposto, o preço de fechamento é definido como “Segundo Preço Escalonado” em que o jogador que ofertar o melhor preço irá pagar / receber pelo segundo melhor; aquele que ofertou o segundo melhor irá pagar / receber pelo terceiro melhor e assim por diante. A idéia é fazer com que os ofertantes estabeleçam suas próprias valorações para os produtos como uma estratégia dominante, diminuindo a possibilidade de comportamentos estratégicos não convencionais.

PALAVRAS-CHAVE

Comercialização de Energia, Leilões, Energia Elétrica, Estratégias, Jogos

1.0 - INTRODUÇÃO

O setor de Energia Elétrica no Brasil e no mundo tem sido, durante muitos anos, a mola mestra que impulsiona as indústrias e demais segmentos da economia desses países. Esse setor tem se mostrado sempre essencial e fundamental para os interesses dos diversos governos ao redor do mundo vindo sempre atrelado com o próprio crescimento econômico das nações e com o aumento do Produto Interno Bruto delas.

Devido aos efeitos da globalização, da abertura de diversas economias ao redor do mundo e da necessidade de obtenção de novos investimentos, os setores elétricos de diversos países vêm passando por processos de reforma e reestruturação, tanto na forma quanto na propriedade das indústrias que os compõem. A idéia era se adaptar às novas tendências mundiais aumentando as suas produções para uma participação mais efetiva nesses mercados emergentes. A segregação das atividades relacionadas à produção de energia elétrica, dividindo-a em geração, transmissão, distribuição e comercialização, vem sendo experimentada em diversos mercados pelo mundo com resultados específicos em cada um deles.

Desde meados dos anos 1990, o setor elétrico brasileiro passou por profundos processos de reforma e reestruturação. Os setores de geração, transmissão e distribuição de energia foram segregados e a atividade de comercialização surgiu em um mercado até então monopolista onde os compradores eram obrigados a adquirir essa energia de vendedores específicos. No último processo de reforma, o governo federal estabeleceu dois mercados específicos para a compra e venda de energia elétrica: um livre (Ambiente de Contratação Livre – ACL) e outro regulado (Ambiente de Contratação Regulada – ACR). Independente do mercado, a compra e venda de energia elétrica vem sendo realizada principalmente sob a forma de leilões, nas suas mais diversas formas e modalidades. O objetivo principal do artigo é desenvolver e analisar um modelo para leilões que utiliza a modalidade de segundo-preço como forma de garantir a implantação das metas definidas pelo organizador do leilão em cada um dos ambientes. A idéia é estabelecer um processo de comercialização que busque a obtenção dos objetivos definidos pelo organi-

(*) Rua Delmiro Gouveia, nº 333 – sala A 108 – CEP 50.761-901 Recife, PE – Brasil
Tel: (+55 81) 3229-3722 – Fax: (+55 81) 3229-3707 – Email: fitti@chesf.gov.br

zador ou leiloeiro, além da garantia de fornecimento de um bem essencial ao crescimento do país com preços módicos.

2.0 - CONCEITOS E DEFINIÇÕES

Leilões têm sido utilizados na compra e venda dos mais diversos objetos e produtos em várias partes do mundo. Os governos de vários países têm utilizado essa forma de comercialização para a venda de concessões de vários serviços até mesmo para a venda de empresas públicas. Em linhas gerais, pode-se considerar a Teoria dos Leilões como uma partição da Teoria dos Jogos que descreve, por sua vez, as situações de disputa, impasse ou confronto entre dois ou mais agentes racionais que agem de forma estratégica (Von Newmman & Morgenstern, 1944). Leilões podem ser definidos como um conjunto de regras que definem o ganhador e o preço a ser pago pelo objeto negociado (Wolfstetter, 1999), sendo um meio para extrair informações dos agentes para a formação do valor do produto revelando, através da disputa entre os agentes, o preço do mesmo (Rasmusen, 2001; Silva, 2003).

Krishna (2010) no prefácio do seu livro *Auction Theory* ressalta que mais de mil entradas com as palavras leilão ou leilões em seus títulos estão disponíveis no banco de dados da *Economic Literature*. Inúmeros artigos, dissertações e teses estão sendo escritos em vários centros de estudos e pesquisas no mundo relativamente ao tema abordado. Por ser um assunto não tão antigo na teoria econômica, muito mais ainda deverá ser analisado e estudado sobre os leilões e suas várias formas e modalidades. A possibilidade de atuação dos leilões como ferramenta de comercialização dos mais variados produtos nas mais diferentes formas e utilidades tem despertado o interesse não só dos centros de pesquisa como também de empresas públicas e privadas, além do próprio governo na definição de políticas comerciais, econômicas e até mesmo sociais.

Para a compra e venda de energia elétrica no Brasil e em diversos mercados mundiais, os leilões têm sido utilizados nas suas mais diferentes formas e modalidades. Esses diferentes tipos podem ser classificados como (Krishna, 2010; Klemperer, 1999; Klemperer, 2004):

a) Quanto à Natureza:

- Leilões de Compra: ofertas de vendedores para comprador(es) que quer(em) adquirir energia; normalmente de preços descendentes;
- Leilões de Venda: ofertas de compradores para vendedor(es) que quer(em) vender energia; normalmente de preços ascendentes;
- Leilões Duplos: ofertas de vendedores e compradores que querem negociar energia, simultaneamente.

b) Quanto à Forma:

- Leilões Abertos: ofertantes podem modificar ofertas realizadas durante o leilão;
- Leilões Fechados: ofertas realizadas uma única vez no processo (também conhecidos como leilões de “envelopes fechados”).

c) Quanto ao Preço de Fechamento:

- Leilões com Preço de Fechamento Uniforme: vencedores do leilão pagam ou recebem o mesmo valor;
- Leilões com Preço de Fechamento Discriminatório: vencedores do leilão pagam ou recebem seus próprios valores ofertados.

Além desses tipos, existem leilões em que o vencedor é o “jogador” que realiza a melhor oferta pagando (ou recebendo) o próprio preço definido na mesma – Leilões de Primeiro-Preço – e leilões em que o vencedor, sendo aquele que faz a melhor oferta, paga ou recebe, porém, a segunda melhor oferta realizada – Leilões de Segundo-Preço, também conhecidos como Leilões de Vickrey (Vickrey, 1961). Para analisar os leilões, deve-se fazer uma classificação ainda de acordo com os valores atribuídos aos produtos pelos jogadores do processo (avaliações): leilões de valores independentes ou privados, em que a valoração ou avaliação de um jogador ao produto não influencia a valoração de outro jogador para o mesmo produto; e leilões de valores interdependentes, em que a valoração de um jogador influencia a valoração de outro jogador para o mesmo produto. Além disso, para a análise dos leilões, é necessário também verificar as características dos jogadores, se eles são neutros, aversos ou propensos ao risco, bem como suas funções de valoração dos produtos ofertados no leilão. Jogadores neutros ao risco são aqueles que são indiferentes entre participar de uma loteria ou o valor esperado que aquela produz, os aversos ao risco preferem pagar ou receber o valor esperado enquanto que os propensos ao risco preferem participar da loteria em si. Segundo Bierman & Fernandez (2011), jogadores neutros ao risco buscam maximizar sua utilidade esperada, selecionando suas estratégias, de modo a maximizar seu ganho esperado condicional. Funções de valoração correspondem à forma como os jogadores avaliam o produto sob leilão à medida que o seu preço varia com os lances ofertados.

Dessa forma, observa-se que, mesmo em se tratando de um processo que parte do mesmo conceito original (conjunto de regras que definem o vencedor e o montante a ser pago pelo produto), os leilões podem ser realizados de diferentes formas e modalidades de acordo com as características dos participantes do processo e de suas valorações ou avaliações para o(s) produto(s) leilado(s).

Mesmo com várias opções de formas e modalidades de leilões, Krishna (2010) e Bierman & Fernandez (2011) ressaltam que, para determinadas condições, não importa o tipo ou modalidade de leilão que seja utilizado, o resul-

tado verificado será o mesmo, com o(s) mesmo(s) vencedor(es) e o(s) mesmo valor(es) a ser(em) pago(s) ou recebido(s) pelo produto leilado. Essas condições específicas correspondem ao chamado Modelo Simétrico em que o leilão é de valores independentes, todos os jogadores são neutros ao risco, não há restrições orçamentárias para os jogadores e suas funções de valoração para os produtos são as mesmas. Bierman & Fernandez (2011) apresentam que, para o modelo simétrico, qualquer tipo de leilão apresentaria o mesmo resultado: *em um leilão de venda com dois participantes, o vencedor é o participante que valoriza mais o produto leilado pagando o que o produto vale para o perdedor*. Leilões com informação perfeita (onde os jogadores conhecem a valoração para o produto leilado dos outros jogadores), leilões com informação imperfeita (onde os jogadores não conhecem as valorações dos outros jogadores) sejam eles abertos ou fechados, primeiro ou segundo-preço, sempre apresentarão o mesmo resultado, ou seja, o vencedor sempre será aquele que mais valora o produto leilado, pagando a maior valoração dos jogadores perdedores do processo, desde que se tenha o modelo simétrico para o leilão (valores independentes, jogadores neutros ao risco, sem restrições orçamentárias e mesmas funções de valoração para o produto).

Os autores citados anteriormente salientam que qualquer discrepância em relação a essas características do modelo simétrico levaria a resultados distintos para os leilões, dependendo da forma, tipo ou modalidade que se desenha e se adota para eles. Dessa forma, jogadores apresentando diferentes características em relação aos riscos envolvidos no processo – aversos, neutros ou propensos ao risco – e funções de valoração distintas para os jogadores são situações que desviam do modelo simétrico, levando a resultados diferentes para os vários tipos de leilão adotados. Khoroshilov & Dodonova (2004) apresentam, inclusive, um modelo ótimo de leilões quando os jogadores são aversos ao risco, ou seja, com jogadores que preferem o certo ao duvidoso, há um tipo específico de leilão que otimizaria o resultado para o leiloeiro.

Um leilão “ideal” deveria apresentar as seguintes características (Santana, 2005):

- Permitir a alocação justa, objetiva e transparente dos participantes;
- Minimizar o risco de acordos e conluios;
- Encorajar a entrada e a participação de proponentes sérios e qualificados;
- Ser um mecanismo eficiente de descoberta de preços;
- Minimizar a “maldição do ganhador” (quando o vencedor adquire o produto pagando um valor acima da valoração do mesmo) e
- Minimizar os custos regulatórios e administrativos.

Assim, a modelagem de leilões (do inglês *auction design*) envolve uma série de fatores, tais como:

- Tipo esperado dos jogadores que irão participar do processo (neutros, aversos ou propensos ao risco);
- Leilão com envelopes fechados ou leilão aberto;
- Jogadores podem ser reconhecidos pelos outros jogadores ou não;
- Ofertas dos jogadores podem ser reveladas aos outros jogadores ou não;
- Com ou sem preço-reserva (preço mínimo a ser vendido ou preço máximo a ser comprado o produto); e
- Deve ou não haver preço-piso e preço-teto.

Além desses fatores, ainda existem vários outros detalhes e possibilidades que, com certeza, farão a diferença no resultado final do leilão.

3.0 - LEILÕES DE COMPRA E VENDA DE ENERGIA ELÉTRICA

No mercado brasileiro e em outros mercados mundiais, inúmeras têm sido as formas e modalidades de leilões que vem sendo utilizadas para a compra e venda de energia elétrica. No Brasil, seja no ambiente regulado (ACR), seja no ambiente livre (ACL), os leilões têm sido uma das principais formas de comercialização de energia elétrica. A legislação determina inclusive, que, quando envolvem agentes públicos ou estatais vendendo ou adquirindo energia elétrica, o processo de compra e venda deverá ser obrigatoriamente através de leilões. No ambiente regulado, é o Governo Federal, através do Ministério de Minas e Energia – MME, da Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL e da Câmara de Comercialização de Energia Elétrica – CCEE quem estabelece o tipo, as regras e o funcionamento do leilão, seja para a compra de energia elétrica, para a venda de empreendimentos de geração, independente de sua fonte ou para novas linhas de transmissão. O que se observa é que os leilões ocorridos no âmbito da CCEE apresentam formas e modalidades distintas (e que muitas vezes mudam de leilão para leilão de um mesmo tipo de produto), independente do produto leilado (Azevedo, 2004). Os leilões realizados no ambiente livre têm o formato definido pelo realizador do leilão, independente dele ser um comprador ou um vendedor de energia elétrica. Nesse ambiente, os diversos “leiloeiros” têm modelado seus leilões nas mais diversas formas e modalidades, que, com certeza, teriam resultados distintos se diferentes fossem.

Para ilustrar essa conclusão de que os resultados dos leilões seriam diferentes se distintas formas e modalidades fossem utilizadas, seja um determinado leilão no ambiente livre que pretende comercializar energia para os próximos cinco anos, em vários produtos com características distintas. Em primeiro lugar, é difícil imaginar que todos os agentes participantes do leilão sejam neutros ao risco, uma vez que agentes estatais têm uma característica fortemente aversa ao risco. Por outro lado, é possível encontrar dentre os agentes privados, algum que tenha características de propensão ao risco. Só essa diferença nas características dos jogadores do ponto de

vista da neutralidade ao risco já seria suficiente para sair do modelo simétrico e produzir resultados distintos para diferentes formas de leilão. Suponha agora que um agente não tenha interesse por um determinado produto que está sendo ofertado no leilão. No entanto, considerando que aquele produto está sendo muito disputado pelos outros participantes do leilão (um leilão que dê acesso aos clientes verem os lances dos outros jogadores em todos os produtos, por exemplo), o agente que não tinha interesse por aquele produto, pode passar a achar que não fez uma boa análise da questão e passar, ele mesmo, a se interessar pelo produto. Dessa forma, o leilão não seria de valores independentes ou provados, mas interdependentes onde as valorações dos outros jogadores por um determinado produto acabam por influenciar a valoração que um jogador dá àquele produto. Observa-se, portanto, que os leilões realizados para a comercialização de produtos no setor elétrico estão muito longe de pertencer ao chamado “Modelo Simétrico”, onde diferentes formas de leilão não alterariam os seus resultados. Com características que os distanciam bastante do modelo simétrico, diferentes formas e modalidades de leilão vão fortemente influenciar os resultados esperados (e as vezes até inesperados) dos leilões realizados para comercializar produtos no setor elétrico, particularmente, energia elétrica.

O que se busca então é uma forma ou modalidade de leilão que procure atingir, do melhor modo possível, os objetivos traçados pelo leiloeiro, formatador do leilão. A otimização dos objetivos desse leiloeiro será bem distinta, dependendo se ele for um agente vendedor ou comprador de energia elétrica. Um comprador deseja minimizar os seus gastos com a compra da energia, adquirindo-a pelo menor preço possível. Além disso, esse agente deseja também não ficar exposto ao fechamento da contabilização mensal da Câmara de Comercialização de Energia Elétrica – CCEE e, com isso, vir a pagar uma multa. Já um agente vendedor deseja obter a maior receita possível com a venda, vendendo a maior quantidade de energia dentro do que foi disponibilizado e pelo maior preço de venda possível. Atingir esses objetivos traçados é o que buscam os leiloeiros ao montar o leilão com sua formatação e estratégias de desenvolvimento. Dekrajangpetch & Sheblé (1999) apresentam um artigo em que mostram diversas funções de otimização para diferentes tipos de leilão.

Apesar de todas as características dos leilões reais de compra e venda de energia elétrica apontarem para um modelo afastado do simétrico, a análise de leilões nas condições reais não é uma tarefa simples. Um caso particular de leilões com valores interdependentes é aquele de valores comuns, onde as avaliações originais do produto ofertado para todos os jogadores é exatamente a mesma. No entanto, leilões de energia no setor elétrico não podem ser considerados do tipo de valores comuns, pois a energia elétrica é avaliada de forma distinta pelos diferentes jogadores. Para uns, ela pode servir como recomposição de lastro, por exemplo; para outros, pode estar sendo adquirida para ajuste mensal ou como composição da média móvel. Dessa forma, os processos de compra e venda de energia elétrica não podem ser encarados como leilões de valores comuns, uma vez que para cada um dos casos apresentados anteriormente, a exposição no mercado é quantificada de forma diferente para os agentes. Por outro lado, leilões com valores interdependentes e com jogadores neutros, aversos e propensos ao risco atuando simultaneamente representam situações mais perto da realidade dos processos ocorridos na compra e venda de energia elétrica no setor elétrico brasileiro. Por causa dessas características, alguns ajustes e premissas podem ser adotados na análise dos leilões de compra e venda de energia no setor elétrico brasileiro.

4.0 - LEILÕES DE SEGUNDO-PREÇO PARA COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA – O LEILÃO DE SEGUNDO-PREÇO ESCALONADO

Inúmeras têm sido as formas e modalidades utilizadas para a realização de leilões de compra e venda de energia elétrica, como já mencionado, tanto no ambiente regulado quanto no ambiente livre no setor elétrico brasileiro. Leilões de compra, de venda, ou até mesmo duplos, abertos e de envelope fechado, com e sem preço reserva, com ou sem preço-piso e preço-teto têm sido algumas das formas utilizadas pelo governo e pelas diversas empresas na formatação de seus leilões nos diversos processos de comercialização ocorridos. O que tem se observado, porém, é que leilões de primeiro-preço têm sido utilizados em todos esses processos. Ou seja, em todos os leilões do setor elétrico para comprar e vender energia elétrica, o vencedor do leilão é o jogador que oferece a melhor oferta (maior ou menor, dependendo do leilão) e efetivamente paga ou recebe o seu valor ofertado. Além disso, não há garantia que o jogador ofereça a sua própria e verdadeira valoração ou avaliação do produto num leilão desse tipo. Uma vez que todo jogador racional pretende conseguir algum ganho no processo, além de levar o produto, ele não tem estímulo em ofertar sua própria valoração da energia, pois irá pagar exatamente esse valor pelo objeto ofertado. Há um teorema, inclusive, que estabelece que um leilão de envelope fechado e de primeiro-preço, com participantes neutros ao risco e com valores privados independentes, resulta em lances que estão estritamente abaixo das verdadeiras avaliações dos participantes. Essa afirmação pode significar, para o leiloeiro, obter valores abaixo do que poderia obter, uma vez que as verdadeiras valorações dos agentes não foram ofertadas. No entanto, como discutido anteriormente, leilões de energia elétrica não têm valores privados independentes e os jogadores não são todos neutros ao risco. Um ajuste nas condições reais do leilão poderia ser efetuado para permitir uma melhor análise com a adoção das premissas de valores independentes (considerando que todos os jogadores sabem valorar a energia para si e suas avaliações não são alteradas pelas avaliações dos outros jogadores) e de um leilão onde todos os jogadores participantes são neutros ao risco. No entanto, mesmo sem considerar esse ajuste nas premissas, a conclusão estabelecida pelo teorema não pode ser negligenciada com a suposição de lances abaixo das verdadeiras avaliações em leilões de primeiro-preço.

Assim, em leilões de primeiro-preço, para obter algum ganho, além do próprio produto, o jogador oferta um valor abaixo da sua valoração a fim de conseguir para si a diferença entre sua oferta e sua valoração (excedente). Por não ofertar a sua valoração, o jogador corre o risco de, ao tentar conseguir ganhar o excedente entre os valores valorado e ofertado, perder o produto para outro jogador por uma oferta que estaria entre sua própria valoração e o seu valor ofertado. Por exemplo, um jogador que valore um produto em R\$ 120,00, mas que ofereça R\$ 110,00 para ganhar, além do produto, a diferença de R\$ 10,00 entre os valores, corre o risco de perder o objeto leilado se alguém ofertar um valor de R\$ 115,00 pelo produto.

Por outro lado, os leilões de segundo-preço estimulam os jogadores a ofertarem suas próprias valorações para o produto em leilão. Nesses Leilões de Virey, o jogador que realizar a melhor oferta é o vencedor do leilão, porém irá pagar ou receber pela segunda melhor oferta. Um outro teorema da Teoria dos Leilões estabelece que, em um leilão com lances fechados e segundo-preço com participantes neutros ao risco, ofertar lances com a verdadeira avaliação para cada participante representa uma estratégia dominante para todos eles. No exemplo apresentado anteriormente, se o jogador ofertasse sua própria valoração de R\$ 120,00 para o produto, ele iria obtê-lo e pagar R\$ 115,00 por ele (a segunda melhor oferta) e conseguir para si o valor do excedente de R\$ 5,00 da diferença entre sua oferta (a melhor) e a segunda melhor oferta. Nesses leilões o jogador sempre irá receber algum excedente pois nunca paga ou recebe efetivamente a sua própria valoração para o produto ofertado. Não há controle, no entanto, no valor desse excedente, pois ele depende da valoração do jogador que ofertou a melhor oferta e que venceu o leilão e o jogador que apresenta a segunda melhor oferta (em que o vencedor não tem nenhuma ingerência sobre esse valor).

O leilão proposto no artigo é o chamado Leilão de Segundo-Preço Escalonado, uma variação simples do leilão de segundo-preço clássico. Esse leilão foi proposto originalmente por Fittipaldi (2005) para um modelo de leilão no mercado regulado no Brasil. A energia elétrica é um produto que tem todas as características de um bem divisível (aquele que pode ser dividido sem perder suas propriedades originais). Dessa forma, um grande lote de energia pode ser dividido em lotes menores para ser vendido a várias empresas ou comprado de várias empresas. Os lotes menores continuam sendo energia elétrica sem perder suas características ou propriedades originais. Os jogadores que participam de um leilão de compra ou venda de energia elétrica podem ser quaisquer empresas atuantes no mercado brasileiro. Dessa forma, agentes geradores, comercializadores ou consumidores livres podem participar desses processos. Como esses agentes originalmente podem ser empresas privadas, públicas ou de economia mista com motivações diversas para participarem do leilão, pode-se considerar que existem jogadores neutros, aversos e até mesmo propensos ao risco no processo. De acordo com análises já discutidas anteriormente, será considerado um leilão com valores interdependentes, onde a avaliação do produto por um determinado jogador pode influenciar a avaliação que outro jogador faz pelo mesmo produto. Com isso, passa-se a ter uma situação bem distante do “modelo simétrico” mostrado anteriormente onde qualquer alteração na modelagem do leilão variará o seu resultado esperado. Nesse caso, mesmo com o afastamento das condições simétricas, a estratégia de ofertar a própria avaliação do jogador pode ser considerada como uma estratégia dominante para ele, uma vez que apresenta o próprio valor de avaliação do produto (e que seria o seu máximo ou mínimo valor a ser ofertado) e ainda permite a obtenção do ganho de um excedente (a diferença entre sua valoração e o preço a ser pago ou recebido). Em leilões desse tipo não se deve ofertar um valor maior que sua própria avaliação, uma vez que o valor a ser pago ou recebido (segunda melhor oferta) poderia estar acima da própria avaliação do jogador. Nesse caso, o agente incorreria na chamada “maldição do ganhador” (Holt, 2000), onde o agente ganha o produto, mas o adquire por um valor maior que sua própria valoração para ele.

O agente modelador do leilão, o leiloeiro do processo, deve procurar desenvolver um processo que atinja seus objetivos traçados previamente. No caso de um leilão de venda de energia elétrica, esse objetivo poderia ser, por exemplo, a maximização da receita obtida com a venda da energia ou a maximização do preço de venda. No caso de um leilão de compra de energia, a função a ser otimizada poderia ser a minimização do preço final a ser obtido com a compra da energia. Através de um leilão que pode ser com lances abertos ou selados, os jogadores apresentam ao leiloeiro suas ofertas para a comercialização de energia, normalmente quantidade e preço. A classificação dos jogadores ao final do processo se dará a partir da melhor oferta de preço (maior preço para um leilão de venda e menor preço para um leilão de compra). Após a definição da ordem classificatória dos jogadores ao final do leilão, devem ser estabelecidos os valores a serem pagos por cada jogador vencedor do processo. No leilão de segundo-preço escalonado, a melhor oferta irá pagar o valor da segunda melhor oferta; essa segunda melhor oferta, por sua vez, irá pagar o valor da terceira melhor oferta e assim por diante. O último jogador atendido no processo (que vendeu ou comprou o restante da energia que completa o montante ofertado) irá pagar o valor da oferta do primeiro jogador não atendido (podendo ser ainda o preço mínimo ou o preço reserva, caso existam e se for o caso). A seção seguinte apresenta um exemplo que descreve uma situação hipotética de um leilão de venda de energia utilizando esse leilão.

A justificativa para o uso do leilão de segundo-preço é a busca, pelo leiloeiro, da verdadeira avaliação de cada jogador para o produto leilado e que esses valores sejam ofertados por eles durante o leilão, seja de lances abertos ou selados. Considerando que os modelos propostos para o leilão são todos eficientes, ou seja, o vencedor do leilão sempre é o jogador que tiver a maior avaliação para o produto ofertado, o leilão de segundo-preço procura obter uma oferta dessa própria valoração, uma vez que seria uma estratégia dominante para qualquer jogador participante do processo. É de se esperar que os preços ofertados pelos agentes, em R\$/MWh, correspondam às suas próprias valorações para a energia ofertada, uma vez que, sendo racionais, os jogadores sempre buscam os

melhores resultados possíveis para si. Além disso, jogadores neutros ao risco maximizariam sua utilidade esperada selecionando uma estratégia de atuação que maximizasse seu ganho esperado condicional (Bierman & Fernandez, 2011). Com jogadores aversos ao risco, também seria esperada uma estratégia de atuação que minimizasse suas perdas, otimizando seu ganho no leilão. Já jogadores propensos ao risco desejariam sempre ter uma maximização do seu valor esperado final, otimizando os excedentes ganhos no processo. Independente do tipo de jogador que se tenha no leilão, o leiloeiro, com esse modelo, espera que a estratégia de ofertar sua própria valoração no objeto leilado seja dominante e procure atingir todas as otimizações esperadas por eles ao longo do processo.

5.0 - CASO EXEMPLO: LEILÃO DE SEGUNDO-PREÇO ESCALONADO

A fim de representar uma situação semelhante ao que acontece em um caso real de compra e venda de energia elétrica no mercado brasileiro, suponha que um gerador ou um comercializador possua um lote de 100 MW médios para vender num determinado período. Considere também que não há preço mínimo ou preço reserva para a venda de qualquer quantidade dessa energia. O leiloeiro modelou um formato de leilão em que os jogadores inscritos para participar do processo ofertam, através de lances selados, a quantidade de energia solicitada em MW médios e o preço de compra em R\$/MWh. No modelo proposto, as maiores ofertas de preço serão atendidas até completar a quantidade ofertada de 100 MW médios. Dessa forma, o último jogador vencedor do processo poderá ser parcialmente atendido em sua energia solicitada. De acordo com a regra estabelecida, o jogador com o maior preço ofertado irá pagar pela segunda maior oferta; o segundo maior preço ofertado irá pagar o terceiro maior preço e assim por diante, até que toda quantidade de energia ofertada seja adquirida. Suponha que, no leilão do exemplo, foram inscritos dez jogadores que, com lances selados, apresentaram as propostas mostradas na Tabela 1 de quantidades de energia, em MW médios, e de preços, em R\$/MWh.

Tabela 1 – Ofertas de Quantidade e Preço

OFERTANTE	QUANTIDADE SOLICITADA (MW médios)	PREÇO OFERTADO (R\$/MWh)
Jogador 1	10	35,00
Jogador 2	25	28,50
Jogador 3	5	32,30
Jogador 4	5	41,00
Jogador 5	25	27,80
Jogador 6	10	37,40
Jogador 7	15	40,50
Jogador 8	5	39,80
Jogador 9	30	40,80
Jogador 10	20	36,70
TOTAL	150	

A partir das regras estabelecidas pelo leiloeiro, o leilão hipotético apresentou oito jogadores sendo atendidos completamente, enquanto que dois jogadores não foram atendidos por apresentarem preços abaixo dos demais e a quantidade ofertada ter sido completamente demandada pelos outros agentes. A Tabela 2 apresenta o resultado do leilão com os vencedores, em sequência, os montantes atendidos e o preço a ser pago de cada um deles. Na tabela mostram-se também os excedentes que cada consumidor vai receber. Esses excedentes são determinados pelas diferenças entre as valorações de cada jogador e os preços que efetivamente eles vão pagar pelo produto. Observa-se que o leiloeiro modelou um processo que visava vender energia, em ordem classificatória e escalonada, àquele jogador que ofertasse o maior valor pela energia a ser adquirida. No entanto, o valor a ser pago por cada um deles corresponde sempre ao preço ofertado imediatamente menor que o daquele jogador. Outras formas de classificação também poderiam ter sido feitas, como por exemplo, a oferta que produzisse o maior valor a ser pago em reais (quantidade vezes o preço), outra que priorizasse a quantidade demandada, da maior para a menor a fim de maximizar a quantidade vendida e assim por diante.

A partir da tabela observa-se que os jogadores foram classificados de acordo com seus preços ofertados. Em função desses valores, foram definidos os montantes que seriam atendidos para cada um deles. A partir dos montantes ofertado e demandado, os dois jogadores que ofertaram os menores preços não foram atendidos. Cada jogador que adquiriu energia no leilão pagou um preço sempre menor do que seu preço ofertado. Na tabela são também apresentados excedentes de cada jogador vencedor do leilão. Como os preços são definidos por causa

agente e são pagos os preços das ofertas imediatamente inferiores, verifica-se uma grande variação nos excedentes ganhos por todos os jogadores.

Tabela 2 – Resultado Final do Leilão

OFERTANTE	QUANTIDADE SOLICITADA (MW médios)	PREÇO OFERTADO (R\$/MWh)	QUANTIDADE ATENDIDA (MW médios)	VALOR A SER PAGO (R\$/MWh)	EXCEDENTE GANHO (R\$/MWh)
Jogador 4	5	41,00	5	40,80	0,20
Jogador 9	30	40,80	30	40,50	0,30
Jogador 7	15	40,50	15	39,80	0,70
Jogador 8	5	39,80	5	37,40	2,40
Jogador 6	10	37,40	10	36,70	0,70
Jogador 10	20	36,70	20	35,00	1,70
Jogador 1	10	35,00	10	32,30	2,70
Jogador 3	5	32,30	5	28,50	3,80
Jogador 2	25	28,50	-	-	-
Jogador 5	25	27,80	-	-	-
TOTAL	150		100		

6.0 - CONCLUSÕES

O modelo proposto baseia-se em teoremas da Teoria dos Leilões e na grande incerteza que cerca os leilões de compra e venda de energia que ocorrem em um mercado real com relação aos tipos de jogadores participantes do processo e de suas avaliações sobre a energia ofertada. Decerto a energia elétrica é um produto com características bem específicas, uma vez que ela pode ser dividida sem perder suas condições originais (o que remete aos leilões de múltiplos objetos ou de um objeto simples divisível) além de permitir as mudanças de avaliações dos jogadores em função do que ocorre durante o próprio leilão (levando aos leilões de valores interdependentes). Além disso, pelo fato de participarem jogadores que representam empresas públicas e privadas com funções de otimização bem distintas, é justo considerar que participem do processo agentes neutros, aversos e até mesmo propensos ao risco. Cada um desses agentes procura otimizar sua participação e seu resultado no leilão. O modelo procura garantir que os diversos jogadores ofereçam suas próprias valorações para o produto como uma estratégia dominante e sempre vencedora, independente do tipo de jogador e de sua função de avaliação considerada. O leilão de segundo-preço escalonado também pode ser considerado eficiente com o jogador de maior avaliação para o produto como vencedor do processo. Além disso, espera-se que, a partir de valores interdependentes para a energia ofertada, esse jogador possa até vir a mudar durante o leilão. Vale frisar que, como a energia possui importâncias diferentes para os diversos jogadores participantes (recomposição de lastro, ajustes de curto prazo ou composição de média móvel), as valorações com suas funções de avaliação são muito diferentes. O modelo visa garantir, para todos os tipos de jogadores, avaliações e funções de otimização, que a estratégia de ofertar sua própria valoração para a energia (valoração prévia ou obtida durante o leilão) seja dominante no leilão. Nenhuma outra estratégia será dominante frente a estratégia de ofertar sua própria avaliação para o produto ofertado no processo.

Como ainda não há experiências no setor elétrico brasileiro ou mundial em leilões desse tipo, sugere-se analisar com mais profundidade a questão das valorações e funções de avaliação dos jogadores para a compra ou a venda de energia elétrica e seus reflexos nas estratégias utilizadas por eles nas suas participações. Como já mencionado, leilões com valores interdependentes não são simples de serem analisados, pois as avaliações podem se alterar durante o processo, o que poderia vir a mudar as funções de otimização dos diversos jogadores participantes. O modelo proposto procura estabelecer a estratégia de ofertar sua avaliação como estratégia dominante, porém, só com a utilização desses leilões e a formação de dados históricos é que se pode estabelecer com certeza a eficácia desse leilão e de suas estratégias vencedoras do processo.

7.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) AZEVEDO, E. M. Modelo Computacional de Teoria dos Jogos Aplicado aos Leilões Brasileiros de Energia Elétrica. Campinas – SP, 2004, 136p. (Doutorado – Universidade Estadual de Campinas / UNICAMP).
- (2) BIERMAN, H. S. e FERNANDEZ, L. Teoria dos Jogos. Person Education do Brasil, 2ª Edição, 2011.
- (3) CCEE – Câmara de Comercialização de Energia Elétrica. Site: www.ccee.org.br, acesso em 23/02/2011.

- (4) DEKRAJANGPETCH, S. & SHEBLÉ, G. B. Structures and Formulations for Electric Power Auctions. Electric Power Systems Research, U.S.A., 54 (2000), 159-167, 1999.
- (5) FITTIPALDI, E. H. D. Leilões de Comercialização de Energia Elétrica: Um Modelo para o Mercado Regulado no Brasil. Recife – PE, 2005, 203p. (Doutorado – Universidade Federal de Pernambuco / UFPE).
- (6) HOLT, C. A. Risk Aversion and The Winner's Curse. Unpublished manuscript, Department of Economics, University of Virginia / University of Houston, April 2000.
- (7) KHOROSHILOV, Y. & DODONOVA, A. Optimal Auction Design When Bidders Are Loss Averse. School of Management, University of Ottawa, Canada, 2004.
- (8) KLEMPERER, P. Auction Theory: A Guide to Literature. Journal of Economics Survey. Oxford, England, 13 (3), pp 227-286, 1999.
- (9) KLEMPERER, P. Auctions: Theory and Practice. Princeton, NJ, Princeton University Press, 2004.
- (10) KRISHNA, V. Auction Theory. U.S.A., Academic Press, 2nd edition, 2010.
- (11) RASMUSEN, E. Games and Information: An Introduction to Game Theory. 3^a ed. pp. 323-339, Blackwell Publishers, Indiana University, Bloomington, 2001.
- (12) SANTANA, E. A. Mercados de Energia Elétrica, MBA em Comercialização de Energia Elétrica, Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco, outubro 2005.
- (13) SILVA, A.J. Leilões de Certificados de Energia Elétrica: Máximo Excedente versus Máxima Quantidade Negociada. Campinas – SP, 2003. 99p. (Mestrado – Universidade Estadual de Campinas / UNICAMP).
- (14) VICKREY, W. Counterspeculation, Auctions and Competitive Sealed Tenders. Journal of Finance, 16 (1), pp. 8-37, 1961.
- (15) VON NEUMANN, J. & MORGENSTERN, O. Theory of Games and Economic Behavior. Princeton – NJ, Princeton University Press, 1944.
- (16) WOLFSTETTER, E. Topics in Microeconomics. Industrial Organization, Auctions and Incentives. Cambridge University Press, Chinese Edition, Berlin, 1999.

8.0 - DADOS BIOGRÁFICOS

Eduardo Henrique Diniz Fittipaldi nasceu em Recife – PE em 1963. Formado em Engenharia Elétrica – modalidade eletrotécnica – pela Universidade Federal de Pernambuco em 1985. Mestre e Doutor em Engenharia de Produção também pela UFPE em 2000 e 2005, respectivamente. Engenheiro da Chesf desde 1986. Trabalhou nas áreas de planejamento da operação elétrica e planejamento econômico-financeiro. Atualmente está lotado na área de comercialização de energia elétrica. É o responsável pelos processos de leilões de compra e venda de energia elétrica no Ambiente de Contratação Livre – ACL pela Chesf. É professor do departamento de Engenharia Elétrica da Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco desde 1987.

Francisco S. Ramos é natural de Patos – PB, onde nasceu em 1955. Formado em Engenharia Elétrica – modalidade eletrotécnica pela Universidade Federal de Pernambuco – UFPE em 1981. Mestre em Economia pelo PIMES-UFPE em 1987. Mestre em Economia Matemática pelo CORE-Center for Operations Research & Econometrics, Université Catholique de Louvain, Bélgica, em 1989. Docteur ès Sciences Economiques, Université Catholique de Louvain, Bélgica, em 1992. Pós-doutorado no THEMA-CNRS, Théorie Economique, Modélisation ET Application, Paris, França, em 2002. Professor do PIMES-UFPE e do PPGE-UFPE, Departamento de Engenharia de Produção.