

4

Opções Reais em Energia Elétrica

4.1

Considerações Iniciais

O processo de reestruturação iniciado na década de 90 propiciou o surgimento de um mercado livre de energia, o ACL, onde se realizam as operações de compra e venda de energia elétrica, objeto de contratos bilaterais livremente negociados, que estabelecem basicamente as quantidades de energia a serem entregues, por qual prazo e a qual preço contratado, conforme regras e procedimentos de comercialização.

Com o passar do tempo os contratos bilaterais ficaram mais sofisticados, deixando de ser simples contratos de compra e venda e passando a incorporar importantes flexibilidades.

Em Gomes et al (2005) são dados como exemplo as seguintes flexibilidades:

- Permitir uma faixa de escolha, por parte do comprador, da quantidade de energia a ser entregue;
- Permitir que o comprador exerça o direito de parar ou reduzir substancialmente o consumo durante determinado intervalo pré-acordado;
- Extensão do período de contratação ao preço contratado;
- Sazonalização (rearranjo das quantidades mensais contratadas mantendo-se constante a quantidade anual); e
- Modulação (rearranjo de quantidades dentro do mês mantendo-se constante a quantidade mensal contratada).

De acordo com Trigeorgis (1996), essas flexibilidades devem ser vistas como Opções Reais embutidas nos contratos de energia elétrica, que, em posse dos consumidores livres, agregam valor a esses consumidores e devem ser levadas em consideração na valoração dos mesmos.

Em finanças corporativas e em análises tradicionais de projetos, os modelos de fluxo de caixa descontado têm prevalecido como a estrutura básica para a grande maioria das análises de geração de valor para as empresas.

Entretanto, a evolução da teoria de precificação de opções adicionou às teorias e práticas clássicas de finanças um novo conjunto de ferramentas necessárias para gerenciar e explorar o valor advindo da *incerteza* e da *volatilidade*, que ampliam os parâmetros da geração de valor ao acrescentarem os conceitos da flexibilidade gerencial.

Nesse contexto, o presente trabalho buscou lançar mão do modelo desenvolvido no capítulo anterior para avaliar um contrato de fornecimento de energia elétrica com a opção parcial de escolha da quantidade, segundo a metodologia de avaliação de investimentos em ativos reais com base na Teoria de Opções Reais (TOR), aplicando-a em um ambiente caracterizado pela alta volatilidade, o mercado de energia elétrica, efetuando também uma análise de sensibilidade da porcentagem de flexibilidade do referido contrato.

Na seção 4.2 será discutida a volatilidade dos preços spot da CCEE, dada a clara importância desse parâmetro no computo do valor dos contratos de energia elétrica. Na seção 4.3 serão discutidas as transações no Mercado Atacadista Brasileiro de Energia Elétrica e suas implicações, de forma a apresentar ao leitor o ambiente no qual são selados esses contratos, e por fim, na seção 4.4 será calculado o valor de um contrato com opção parcial de escolha da quantidade à luz da TOR.

Ao fim deste capítulo será atingido o objetivo O4.

4.2

Volatilidade dos preços spot da CCEE

Uma das maiores preocupações dos agentes do setor elétrico, em especial os consumidores livres que atuam no ACL, é a volatilidade e a imprevisibilidade do PLD, que nada mais é do que uma proxy brasileira do preço spot (Mayo, 2009).

Devido ao modo de operação centralizada inerente do sistema hidrotérmico brasileiro, o preço spot da energia elétrica apresenta alta correlação com a hidrologia afluyente, o que se reflete nessa característica estocástica dos preços de curto prazo. Períodos úmidos tendem a apresentar valores spot baixos, devidos à não necessidade de se usar as usinas termelétricas (mais caras que as hidrelétricas). Entretanto, em períodos secos o preço spot tende a ser mais elevado.

Por outro lado, em sistemas hidrotérmicos com predominância hidráulica e operando de acordo com as regras do livre mercado, o preço da eletricidade tende a ser pouco volátil no curtíssimo prazo (ao longo do dia) e mais volátil no médio prazo (período semanal). Isso, pois, no curto prazo, os reservatórios transferem a energia das horas de carga baixa para as de ponta, modulando a oferta e reduzindo a volatilidade dos preços. E no médio prazo, o preço da energia é mais volátil pois os sistemas hidráulicos são desenhados visando garantir o suprimento da carga em condições hidrológicas desfavoráveis.

Sabendo que os próximos empreendimentos hidrelétricos tendem a ser a fio d'água – usando apenas a vazão natural do rio, sem reservatórios para se minimizar a área alagada e os consequentes problemas socioambientais oriundos, como a usina de Belo Monte no Rio Xingu – o sistema armazenará praticamente a mesma quantidade de água, com uma demanda crescente. Logo, a capacidade de regulação dos reservatórios no país será cada vez menor e a sua principal consequência será um aumento na volatilidade do PLD no curto prazo. Essa volatilidade constitui um fator de risco financeiro e tarifário para os agentes do setor elétrico.

4.3

Transação no Mercado Atacadista Brasileiro de Energia Elétrica

Como o despacho é baseado em custo, não existem preços “reais” de curto prazo, resultantes do equilíbrio entre lances da oferta e da demanda. Considerando que a produção de cada gerador e o preço de curto prazo são definidos computacionalmente, a liquidação do mercado é um procedimento puramente contábil (liquidação da diferença entre os volumes da energia produzida e a contratual). Assim, a CCEE não é propriamente um mercado spot.

Isso faz com que o mercado brasileiro esteja longe de ser completo, impedindo a construção de uma carteira livre de risco ou a simulação de um processo neutro ao risco para a avaliação de projetos relacionados com o preço da energia elétrica. Será necessária então a utilização de taxas de desconto exógenas adequadas a cada um dos tipos de flexibilidades.

No mercado livre, os contratos com prazos de alguns meses são negociados seja de forma bilateral em balcão, seja por meio de leilões promovidos pelos próprios agentes, a preços balizados pelo PLD, com ágios ou deságios, dependendo do período e da oferta. Para prazos maiores (mais de um ano), a aquisição da energia, em geral, é efetuada em leilões realizados entre geradores e consumidores livres ou por meio de comercializadores. Em ambos os casos, os preços negociados não são divulgados, nem registrados na CCEE.

Pouquíssimos são os derivativos negociados em mercado de balcão com a participação dos consumidores livres. Porém, devido à opacidade do mercado, não existem dados a respeito. A ausência de uma sinalização de preço dificulta o desenvolvimento de um mercado de derivativos de eletricidade.

A falta de transparência do mercado atacadista brasileiro se deve a sua própria estrutura. Ele não se comporta como um “lugar” onde a eletricidade é livremente negociada em bolsas e os preços ditados por oferta e demanda (como Europa e EUA). Aqui, as distribuidoras são obrigadas a comprar toda energia necessária para atender seus clientes cativos em leilões do governo, com contratos de longo prazo, com diferenças contabilizadas e liquidadas pela CCEE ao PLD.

4.4

Opção de Escolha da Quantidade

Nesta seção se avaliará um caso comum de OR envolvendo contratos de energia elétrica, a flexibilidade parcial de escolha, por parte do comprador, da quantidade de energia a ser entregue.

4.4.1

Modelagem das Flexibilidades

De forma similar a Gomes et al (2005), a flexibilidade de escolha da quantidade será modelada, para cada semana do contrato, como a soma de uma opção de compra e uma opção de venda.

Considerando uma quantidade contratada de 50 MWmed, com o intervalo de escolha em $\pm 10\%$, o comprador terá uma opção de compra de 5 MWmed e uma opção de venda de 5 MWmed para cada semana do contrato, sendo o preço de exercício das opções de compra e de venda igual ao preço acertado no contrato (P^C).

A Figura 4.1 ilustra esquematicamente as duas opções.

Caso 1. $PLD_t > P^C$, o consumidor opta por adquirir mais energia do que a contratada junto ao fornecedor, ele usa sua opção de compra; e

Caso 2. $PLD_t < P^C$, o consumidor opta por adquirir menos energia do que a contratada junto ao fornecedor, ele usa sua opção de venda.

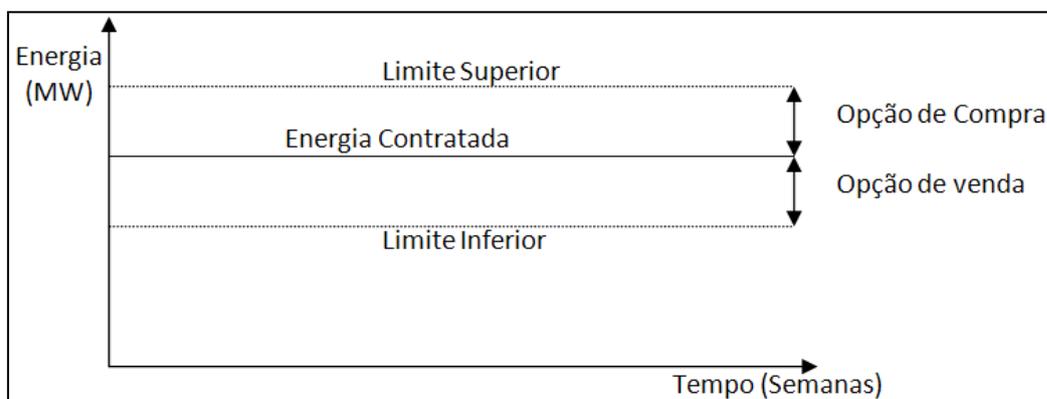


Figura 4.1- Ilustração da Modelagem da Opção de Escolha da Quantidade

Fonte: Gomes et al (2005)

4.4.2

Penalidades

Note que os casos 1 e 2, descritos acima, são meras simplificações da realidade, pois a prática é bem distante destas simples decisões – Se $PLD_t > P^C$ exerça a opção de compra e se $PLD_t < P^C$ exerça a opção de venda –, pois existem penalidades para os agentes que decidem negociar energia no mercado à vista, de forma a privilegiar o planejamento do SEB e não o aproveitamento de situações momentâneas, como preços extremamente baixos ou elevados.

O Decreto nº 5.163/2004 alterou a metodologia de apuração dos limites de contratação, determinando que 100% do consumo dos agentes de distribuição e dos consumidores livres esteja coberto em termos de energia e potência por intermédio de geração própria e contratos de compra de energia. Esse Decreto estabeleceu, também, que os agentes vendedores devem garantir lastro para a venda de energia e potência de 100% de seus contratos, sendo tal lastro constituído por garantia física proporcionada por empreendimento de geração próprio ou de terceiros, nesse caso mediante de contratos de energia ou potência.

Se os limites de contratação/lastro definidos nas regras de comercialização não forem cumpridos, os agentes são notificados pela Superintendência da CCEE e estão sujeitos à aplicação de penalidade financeira. Os agentes podem apresentar contestação, a qual é objeto de análise pelo Conselho de Administração da CCEE, que delibera pela aplicação ou cancelamento da penalidade.

Na valoração das penalidades por Insuficiência de Lastro para Venda de Energia Elétrica e Insuficiência de Cobertura de Consumo, é utilizado o Valor Anual de Referência (VR). Para o ano de 2011 o VR foi de 151,20 R\$/MWh, conforme Ofício nº 015/2011-SEM/ANEEL, de 18 de janeiro de 2011.

Neste presente trabalho, para fins de simplificação e sem perda de generalidade, consideraremos a inexistência de penalidades. Estas podem ser facilmente incluídas nos cálculos. Como foge do escopo de um trabalho sobre modelagem e opções reais, fica como sugestão para trabalhos futuros a inserção das penalidades na tomada de decisões.

4.4.3

Opção de Escolha Parcial da Quantidade

Suponha que um agente tenha todas suas necessidades de energia elétrica supridas por um contrato com as características definidas na Tabela 4.1 abaixo.

Tabela 4.1 - Características de um Contrato Hipotético de Venda de Energia Elétrica

Semana de negociação	5.04.2011 ($t = 0$)
Ponto de entrega	Centro de Gravidade do Submercado SE/CO
Período	1.05.2011 ($t = 1$) a 3.11.2011 ($t = 30$)
Quantidade (D_t)	50 MWmed
Preço (P^C)	60 R\$/MWh
Flexibilidade de escolha da quantidade (*)	Serão avaliados os casos: $\pm 0\%$; $\pm 2\%$; ...; $\pm 18\%$ e $\pm 20\%$

Fonte: Adaptado de Gomes et al (2005)

(*) - em relação à quantidade contratada

O valor da opção de escolha parcial da quantidade ($OT_{\tau,0}$), em $t = 0$, para cada semana futura τ , dentro do período do contrato, é igual à soma do valor da opção de compra ($OC_{\tau,0}$) e da opção de venda ($OV_{\tau,0}$). Ou seja:

$$OT_{\tau,0} = OC_{\tau,0} + OV_{\tau,0} \quad (66)$$

Desta forma, o agente que firmou um contrato de T semanas, detém uma sequência de T opções europeias de escolha parcial da quantidade – ou seja, uma sequência de T opções de compra e uma sequência de T opções de venda, dado que opções de compra e venda são mutuamente exclusivas –, cada qual vencendo em uma das T semanas seguintes, com preço de exercício igual a P^C .

Em cada um das opções de se negocia uma quantidade de energia igual a θD_t , onde θ é a flexibilidade, em %, de alteração da quantidade adquirida e D_t é a quantidade demandada, em MWh.

Como a flexibilidade é válida para todos os intervalos de apuração ao longo do contrato, o valor total da flexibilidade de escolha da quantidade (OT_0) será igual ao somatório dos valores, em $t = 0$, de todas as opções de escolha da quantidade ($OT_{t,0}$) para $1 \leq t \leq T$.

Com isso obtém-se a seguinte relação:

$$OT_0 = \sum_{t=1}^T OT_{t,0} = \sum_{t=1}^T \{OC_{t,0} + OV_{t,0}\}, \quad (67)$$

$$OC_{t,0} = \max(0, \theta D_t (PLD_t - P^c)) / (1 + k_c)^t \quad (68)$$

$$OV_{t,0} = \max(0, \theta D_t (P^c - PLD_t)) / (1 + k_v)^t \quad (69)$$

Onde:

OT_0 – é o valor total, em R\$, da opção de escolha da quantidade em $t = 0$;

$OC_{t,0}$ – é o valor (R\$), em $t_0 = 0$, da opção de compra expirando em t ;

$OV_{t,0}$ – é o valor (R\$), em $t_0 = 0$, da opção de venda expirando em t ;

θ – é a flexibilidade, em %, de alteração da quantidade adquirida;

D_t – é a quantidade demandada (constante no nosso caso), em MWh;

PLD_t – é o preço de curto prazo da energia elétrica, em R\$/MWh;

P^c – é o preço de contrato na energia elétrica, em R\$/MWh; e

k_c e k_v – são taxas de desconto ajustadas ao risco das opções de compra e venda, respectivamente.

4.4.4

Cálculo do Valor da Opção de Escolha Parcial da Quantidade

As opções financeiras são normalmente valoradas por métodos que envolvem a construção de uma carteira livre de risco ou por métodos numéricos. No caso da energia elétrica não é possível a montagem de uma carteira sem risco, então este trabalho se valerá do MMC para solucionar o problema.

O valor das opções de compra e das opções de venda são obtidos como os valores esperados dos pagamentos simulados das opções descontados a valor presente, conforme apresentado nas eqs.(70 e 71).

$$\mathbb{E}_0(OC_{t,0}) = \mathbb{E} \{ \max(0, \theta D_t (PLD_t - P^c)) \} / (1 + k_c)^t \quad (70)$$

$$\mathbb{E}_0(OV_{t,0}) = \mathbb{E} \{ \max(0, \theta D_t (P^c - PLD_t)) \} / (1 + k_v)^t \quad (71)$$

Em se tratando de um procedimento numérico, as esperanças das eqs. (70 e 71) são substituídas pelas médias amostrais, de forma que:

$$\mathbb{E}_0(OC_{t,0}) = \frac{\sum_{i=1}^{N_s} \{ \max(0, \theta D_t (PLD_t - P^c)) \}}{N_s} / (1 + k_c)^t \quad (72)$$

$$\mathbb{E}_0(OV_{t,0}) = \frac{\sum_{i=1}^{N_s} \{ \max(0, \theta D_t (P^c - PLD_t)) \}}{N_s} / (1 + k_v)^t \quad (73)$$

Onde N_s é o número de simulações do PLD para cada semana.

Este método de avaliação é empregado em finanças para a avaliação de opções em Hull (2006) e em Pilipovic (2007), porém normalmente usando taxas de desconto neutras ao risco.

Entretanto, como o mercado elétrico brasileiro está longe de ser completo, pois não é possível hedgear todas as posições, dada a quase inexistência de derivativos para tal fim, se assume que não é possível montar carteiras livres de risco. Utilizam-se então taxas (exógenas) de desconto ajustadas ao risco.

O presente trabalho utilizará, assim como Gomes et al (2005), k_c e k_v iguais a 10% a.a.. Embora, saiba-se que, a rigor, a opção de compra é semelhante a um seguro (que será acionado caso o preço spot da energia elétrica seja maior que o preço do valor de contrato) e como tal deve ter taxa de desconto ajustada ao risco inferior à taxa livre de risco (r). Dias (2011b) comenta que essa taxa de desconto pode ser até mesmo negativa, pois esta se trata de um retorno esperado e que a opção, nesse contexto, serve para reduzir o risco (hedge).

Do ponto de vista numérico, no presente trabalho utiliza o software @Risk™ da Palisade, versão 5.7, para efetuar 2.000 simulações de PLDs semanais, utilizando MMC, de acordo como o modelo desenvolvido no capítulo anterior, para cada uma das semanas entre as semanas 1.05.2011 a 3.11.2011,

totalizando 30 semanas. Gomes et al (2005) utiliza diretamente séries oriundas do modelo Newave/Decomp, não necessitando efetuar simulações.

Então por que não utilizar diretamente os dados do modelo Newave/Decomp, ao invés de ter todo este trabalho com simulação?

A resposta é simples. Os dados oriundos do Newave/Decomp não são públicos, e a ideia, neste trabalho, é usar dados históricos (e públicos) para a realização de um modelo que apresente as principais características da evolução do PLD, para uma avaliação dos valores dos contratos de compra e venda de energia elétrica sob a ótica de opções reais. Por outro lado, a modelagem utilizada nesta dissertação serve também para um mercado de energia elétrica mais próximo de um mercado spot.

Com o auxílio da simulação efetuada, são avaliadas as eqs. (72 e 73).

Os resultados obtidos são apresentados na Figura 4.2 , em R\$/MWh (obtidos com a divisão dos valores encontrados em R\$ pela quantidade de energia nominalmente contratada durante todo o período, em MWh) e apresentam a mesmas características do resultado encontrado por Gomes et al, 2005.

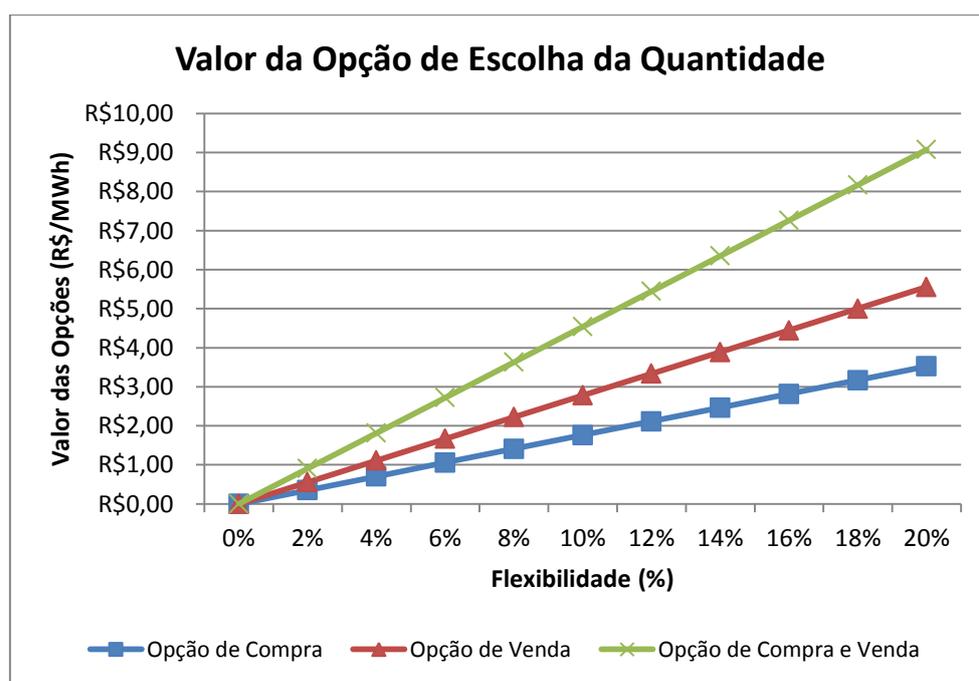


Figura 4.2 - Valor da Opção de Escolha da Quantidade x Flexibilidade (%)

Da mesma forma que em Gomes et al (2005) o valor das opções de venda é superior ao valor das opções de compra. Isso ocorre devido a alta probabilidade de os preços ficarem próximos ao PLD mínimo, bem abaixo do preço contratado P^c . Entretanto, no presente trabalho a diferença entre as duas opções (de compra e de venda) não foi tão significativa, o que se deve aos preços um pouco mais elevados em média neste trabalho em relação ao trabalho de Gomes et al (2005).

Observa-se que o valor da flexibilidade do contrato monta a aproximadamente 9,00 R\$/MWh, o que corresponde a 15% do preço da energia contratado, para uma flexibilidade de $\pm 20\%$ e que existe um ganho de 0,45 R\$/MWh a cada aumento de 1% de flexibilidade no contrato. O que mostra a grande relevância de se levar em consideração o valor das flexibilidades em negociações de contratos de energia elétrica.