

## 4 Teoria de Opções

### 4.1. Conceito

Derivativos são contratos que utilizam como referência um ativo objeto (Hull, 2005). São frequentemente utilizados no mercado financeiro em operações de *hedge*, que consiste em mitigar os riscos envolvidos relativos à variação dos preços de mercado, podendo fornecer tanto ao vendedor quanto ao comprador uma garantia do preço futuro.

Dentre os derivativos mais populares encontram-se as opções. Uma opção é o direito de comprar ou vender uma quantidade específica de um bem ou ativo por um preço fixo em uma determinada data prefixada ou até esta data. O fato de ser um direito e não uma obrigação gera uma assimetria benéfica ao proprietário da opção, já que o exercício somente será feito no caso da oscilação no preço do ativo objeto ser favorável ao seu detentor.

### 4.2. Derivativos no Mercado de Energia

A falta de transparência encontrada no mercado atacadista brasileiro se deve, principalmente, a própria estrutura desse mercado que não se comporta como um verdadeiro mercado de curto-prazo. No Brasil, diferentemente de países como os Estados Unidos e os países europeus, as distribuidoras são obrigadas a comprar a totalidade de suas demandas em leilões promovidos pelo governo e com contratos de longo prazo e as diferenças liquidadas e compradas no PLD. Além disso, o preço não é ditado pelo equilíbrio de oferta e demanda, onde reina a transparência de preços, e sim por um modelo computacional.

A utilização de derivativos no mercado de energia elétrica no Brasil ainda é pequena devido à dificuldade de uma sinalização adequada dos preços futuros, fato associado à volatilidade dos preços que modelo calcula baseado que indica os custos marginais do sistema, e a ausência de sinalização de preços praticados nos contratos bilaterais. De qualquer forma, o presente trabalho abordará alguns aspectos interessantes dos contratos derivativos, objetivando com isto incentivar o uso desta importante ferramenta de gestão.

### 4.2.1. Opções

O contrato de opção é um contrato que confere o direito de comprar ou vender um bem por um valor declarado em uma data especificada, cuja contrapartida consiste no pagamento à vista de um prêmio.

No mercado de energia elétrica brasileiro, dada a complexidade do modelo de sinalização de preços e a imprevisibilidade das variáveis de entrada deste modelo, tais como as vazões afluentes e configuração futura do parque gerador, as opções não são comumente utilizadas em horizontes de tempo superiores há um ano.

Existem dois tipos principais de opções, a saber:

- Opção de Venda. Dá o direito a seu comprador de vender ou não ao lançador da opção, em até uma data acordada, por um preço pré-determinado, um montante pré-estabelecido de energia elétrica. Este tipo de opção somente é executada quando o preço a vista está menor que o preço acordado no contrato de opção de venda. (Ross, 2002)
- Exemplo: Utilizando-se da opção de venda, o comprador da opção poderá vender sua energia ao lançador da opção a um preço de R\$ 35 / MWh caso o preço de mercado esteja abaixo deste valor. (Ross, 2002; Oliveira, 2009)
- Opção de Compra. Dá o direito ao comprador de comprar ou não do lançador da opção, em uma data acordada, por um preço pré-determinado, um montante pré-estabelecido de energia elétrica. Este tipo de opção somente é executado quando o preço a vista está maior que o preço acordado no contrato de opção de venda. (Ross, 2002; Oliveira, 2009)

Exemplo: Utilizando-se da opção de compra, o comprador da opção poderá comprar energia do lançador da opção a um preço de R\$ 35,00 / MWh caso o preço de mercado esteja acima deste valor.

As opções podem ser americanas ou européias a diferença está que as primeiras podem ser exercidas em qualquer instante ao longo do tempo de contrato e as européias somente na data da sua expiração.

Atualmente no mercado de energia a modalidade mais praticada é a venda de flexibilidades contratuais que são percentuais dos volumes adquiridos em contratos firmes que são vendidos como opção, ou seja, o cliente compra um

determinado volume de energia, sendo que mensalmente 5% deste volume pode ser adquirido ou vendido no mercado *spot*. O exercício da opção dependerá, por parte do comprador, do valor do PLD.

O derivativo opção é muito eficiente para mitigação de riscos relativos a custos de insumos, ao mesmo tempo oferece oportunidade para se aproveitar de cenários adversos, caracterizando-se assim, como um bom instrumento para estruturação de operação de *hedge*.

O agente comercializador de energia pode trabalhar a partir das flexibilizações de seus contratos de compra para o lançamento de opções de compra. Isto se deve à semelhança entre flexibilização de montantes contratuais e opções de compra. Pode-se afirmar que uma flexibilidade contratual que permite ao comprador solicitar mais 10% de energia em qualquer mês de vigência do contrato é equivalente a uma série de opções de compra nas quais o prêmio está embutido no preço do contrato de compra do agente comercializador. Assim, diferentemente do que se acredita, não corresponde, ou não deveria corresponder, a uma opção sem custo.

#### **4.2.2. Swaps**

Segundo Hull (Hull, 2005) no mercado financeiro o contrato de Swap representa a troca de fluxos financeiros com o objetivo de se proteger de variações indesejáveis. Para efeito de exemplificação pode-se citar um produtor que exporte toda sua produção; em virtude da instabilidade do mercado internacional, este ficaria exposto ao risco cambial, fator este que pode ser mitigado fazendo um *swap* que transforme suas receitas (ou parte) em dólares (US\$) para reais (R\$).

No mercado de energia elétrica a aplicação do swap pode ser utilizada nas operações de mitigação de risco de submercado, o qual tem por origem as diferenças entre custos marginais entre submercados e responde significativamente pelos impedimentos para a efetivação de negócios entre submercados (Ross, 2002; Oliveira, 2009).

O Preço de Liquidação de diversas atualmente é calculado para 4 submercados: Sul, Sudeste/ Centro-Oeste, Nordeste e Norte que são definidos segundo as restrições de transmissão entre estas regiões. Quando existe defasagem de preço entre estes submercado o vendedor que esta num submercado e

vendendo a um comprador para outro submercado deve arcar com a diferença de preços (seja ela positiva ou negativa). Conforme exemplo abaixo:

Dados:

- Comprador: Localizado no Nordeste
- Vendedor: Localizado no Sudeste/Centro-Oeste
- Preço de Venda: 50 R\$/MWh
  
- PLD no Sudeste/Centro-Oeste: 20 R\$/MWh
- PLD no Nordeste: 100 R\$/MWh

Despesas Comprador:

- Pagará ao vendedor: 50 R\$/MWh

Receita Vendedor:

- Receberá 50 R\$/MWh do comprador
- Como está no Sudeste deve vender a sua energia a 20 R\$/MWh (PLD SE/CO)
- Deve recomprar no submercado do comprador a 100 R\$/MWh (PLD Nordeste).
- **Receita Total:  $+50 + 20 - 100 = -30$  R\$/MWh**

Neste caso o vendedor teve um prejuízo devido a diferença de preço entre os submercados.

Também são negociados os *swaps* entre fontes de energia denominadas fontes convencionais e as fontes incentivadas<sup>7</sup> as quais conferem ao comprador de uso final um desconto na tarifa de uso do sistema de distribuição (TUSD) que é paga pelos consumidores (clientes livres) as distribuidoras locais.

---

<sup>7</sup> Fontes de energia de baixo impacto ambiental tais como Pequenas Centrais Hidráulicas, Termelétricas com combustível de biomassa de cana-de-acucar, cavaco de madeira, usinas solares, eólicas, dentre outras. Estas fontes conferem ao comprador um desconto na tarifa de uso do sistema de distribuição cobrada pelas concessionárias de distribuição.

### 4.2.3. Collars

O *collar* é um instrumento semelhante a um Contrato de Compra e Venda de Energia (CCVE), diferindo-se apenas na forma de estabelecer o preço de venda. O preço em R\$/MWh do *collar* é definido em função do PLD, tendo limites de preço chamados *cap* (preço máximo) e *floor* (preço mínimo). Assim, o preço é igual a:

$$P = \min(\text{cap}; \text{Max}(\text{PLD} * (1 + x); \text{floor})) \quad (1)$$

onde,

x : margem percentual (ágio) aplicada sobre o PLD

cap : preço máximo

floor : o preço mínimo

Da mesma forma que no contrato de opção, o agente comercializador de energia pode trabalhar a partir de flexibilizações dos contratos de compra para garantir a entrega da energia associada ao *collar*, caso o PLD seja muito elevado (acima do cap) (Ross, 2002; Oliveira, 2009).

Como se pode observar, é notória a influência da flexibilidade no custo final da energia em ocasiões nas quais os preços de mercado de curto prazo atingem extremos ao se operar com CCVEs com cláusulas de flexibilidade.

### 4.3. Preço das Opções

O problema geral de investimento sob incerteza pode ser visto como um problema de maximização de riqueza sujeito a uma ou mais incertezas (processos estocásticos, vide capítulo 6) (Lazo, 2004). Deste modo, é necessário um método de otimização sob incerteza. Os dois métodos mais usados são os métodos dos ativos contingentes, *Contigent Claims* (Pindyck&Rubinfeld, 1991), e o da programação dinâmica.

Do mesmo modo que uma opção financeira, uma opção real pode ser avaliada usando técnicas de análise de ativos contingentes. Se o mercado for considerado neutro ao risco, então o valor da opção pode ser obtido montando-se uma carteira dinâmica, neutra ao risco, que replica o valor do ativo real. Utilizando ferramentas de cálculo estocástico, obtém-se uma equação diferencial

parcial que pode ser resolvida analiticamente ou através de métodos numéricos. Este método, entretanto, é muito limitado, pois à medida que as incertezas sobre as variáveis subjacentes tornam-se mais complexas, o processo de avaliação pode tornar-se oneroso computacionalmente ou intratável algebricamente.

Técnicas de simulação, como Monte Carlo e Programação Dinâmica Estocástica (Pindyck&Rubinfeld, 1991), podem ser utilizadas para a avaliação de opções. Simulação Monte Carlo inicialmente foi utilizada para avaliação de opções européias, devido a ter uma regra clara e simples de exercício ótimo. Já a Programação Dinâmica Estocástica é utilizada para avaliar opções americanas, uma vez que as mesmas devem ser avaliadas com um algoritmo *backward*. A combinação da simulação Monte Carlo e a Programação Dinâmica Estocástica permite desenvolver métodos para avaliação de opções americanas.

Em todos estes casos usualmente são obtidas equações diferenciais, com a condição de ótimo colocada nas condições de contorno dessas equações. Também nas condições de contorno se colocam as condições de decisão gerencial racional e os limites do modelo.

A condição suficiente de contorno para o ótimo, na maioria dos problemas de investimentos, se dá com a condição de suavidade ou de contato suave (*smooth pasting condition*). Pela condição de suavidade, no ponto ótimo, a primeira derivada da função valor da opção deve ter o mesmo valor, antes e depois que a opção for exercida. Alternativamente, no ótimo, a utilidade marginal deve ser igual, antes e depois da ação de investimento, conforme equação (2)

$$\frac{\partial(F(P^*))}{\partial P} = \frac{\partial(V(P^*) - I)}{\partial P} \quad (2)$$

onde F é a função valor da opção, V é a função retorno do investimento, I é o investimento e P\* é o valor ótimo do preço para o exercício da opção.

A condição de fronteira necessária, mas não suficiente, nos problemas de maximização de riqueza é a condição de mesmo valor de contato ou *value matching condition*. Por não ser uma condição suficiente, esta não é considerada uma condição de ótimo. A condição de mesmo valor de contato diz que no ponto ótimo é indiferente o exercício ou não da opção, conforme descrito na equação (3) e (4).

$$F(P^*) = V(P^*) - I \quad (1)$$

$$\text{Valor da espera} = \text{Valor do Exercício Imediato} \quad (2)$$

Vale a pena ressaltar que a condição de suavidade é suficiente para o ótimo na imensa maioria dos problemas de investimento em projetos, os quais podem usar a analogia com o problema de ótimo exercício de uma opção americana que será descrita no capítulo 6.