

1 Introdução

A busca por fontes energéticas alternativas aos combustíveis fósseis tornou-se questão crucial para o desenvolvimento econômico mundial. A redução das quantidades disponíveis de fontes de energias convencionais, aliado à exaustão do potencial hídrico do Brasil, às discussões sobre emissão de CO₂ e aquecimento global, têm estimulado a elaboração de estudos sobre o aproveitamento de outras fontes de energia alternativa

Como consequência, observa-se um aumento dos investimentos na geração de energia através de fontes renováveis de combustíveis, em especial a biomassa, que apresenta grande expectativa de crescimento. Nesse contexto, o Brasil é um país privilegiado dada sua imensa superfície territorial formada por regiões tropicais e chuvosas, com alta incidência solar e abundância de água, que oferece excelentes condições para a produção e o uso energético da biomassa em larga escala (ANEEL, 2011a).

Entende-se como biomassa todo recurso renovável oriundo de matéria orgânica, de origem animal ou vegetal, que pode ser utilizada na produção de energia (ANEEL, 2011a). Efetivamente, pode-se considerar a biomassa como uma forma indireta de energia solar. Ramage e Scurlock (1996) comentam que a quantidade de biomassa que pode ser explorada em todo o planeta é de aproximadamente dois trilhões de toneladas, o que equivale a 400 toneladas per capita, ou em termos energéticos, o equivalente a oito vezes o consumo mundial de energia primária. Santiago (2007) afirma que somente 15% de toda a biomassa disponível no mundo é usada para gerar energia, sendo que 8% desses se devem a aplicações na indústria americana.

A aplicação da biomassa como insumo energético teve início por volta de 1970, quando foi vista como alternativa viável para suprir as demandas por energia térmica e elétrica em centrais de pequeno porte (CANTO, 2009). No caso do Brasil, um exemplo do movimento foi a implantação do Proálcool, que basicamente foi limitado à produção de álcool como alternativa aos derivados de

petróleo e, em função dos baixos custos de produção de energia e do alto potencial hidrelétrico do país, o programa não impactou de modo significativo a matriz energética brasileira.

A partir da década de 1980, o preço do petróleo apresentou forte queda, o que reduziu o interesse pelas fontes alternativas de energia. Em relação à biomassa, seu uso no Brasil ficou limitado às usinas de cana de açúcar que a empregavam como insumo energético apenas para consumo interno (autoprodução). Posteriormente, já na década de 90, voltou-se à discussão sobre a aplicação da biomassa para fins energéticos (MÜLLER, 2005), seja pelo desenvolvimento de novas tecnologias de transformação (PALOMINO, 2009), pelo esgotamento das reservas de petróleo ou inclusão de conceitos ambientais e do desenvolvimento sustentável (COUTO e MÜLLER, 2008).

Atualmente, a discussão retorna para a produção de excedentes de bioeletricidade. No Brasil, há basicamente dois motivos associados à preocupação com o uso da biomassa: i) o fim da vida útil das antigas usinas de açúcar, algumas implantadas em função do Proálcool, que possuem a opção de conservar a tecnologia de que dispõem atualmente ou investir capital em novas técnicas, mais eficientes, capazes de viabilizar a geração de excedentes e a entrada no segmento de comercialização de energia e ii) os riscos de desabastecimento, conforme comentado por Fontoura (2011), ao lembrar que o uso da biomassa é uma alternativa interessante para reduzir a dependência do país com a fonte hidro, incerteza essa que afetou mais fortemente o Brasil em 2001 durante o período do racionamento de energia.

Ciente da necessidade de novos investimentos em fontes alternativas, o governo, em 2004, lançou o PROINFA – Programa de Incentivo a Fontes Alternativas, cuja finalidade é aumentar a participação de energia oriunda de biomassa, energia eólica e pequenas centrais hidrelétricas, oferecendo condições especiais de financiamento aos empreendedores. Embora os resultados não tenham acompanhado o planejamento de 2004, observa-se um aumento no uso dessas fontes energéticas, especialmente no caso dos empreendimentos cujo insumo é a biomassa.

Segundo dados da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, 2011c), das 1451 usinas térmicas existentes no país, 410 são geradas a partir de biomassa, o que corresponde a mais de 8 milhões de kW, 27,23% da potência gerada pelas

usinas térmicas ou 6,64% da capacidade total instalada do Brasil. Consta no planejamento da ANEEL que serão adicionados 2,8 GW de potência nos próximos quatro anos através de 56 usinas térmicas a biomassa que estão em fase de construção. Além disso, 31 empreendimentos com capacidade instalada de 1 GW já obtiveram outorga, mas sua construção permanece indefinida. Recentemente, a ANEEL criou condições especiais para acesso desses empreendimentos ao Sistema Interligado Nacional (SIN), o que agradou aqueles interessados em desenvolver termelétricas.

Em paralelo, há ainda um esforço contínuo de centros de pesquisas em estimular o uso da biomassa. A EMBRAPA Florestas, ESALQ/USP e Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, são exemplos de instituições que desenvolvem projetos de pesquisas visando ampliar, otimizar e viabilizar alternativas ao uso de fontes energéticas tradicionais não renováveis, principalmente por meio da biomassa de florestas plantadas (ABRAF, 2011)

A aplicação da biomassa florestal como insumo energético é uma tendência mundial e vem despertando interesse em diversos países, seja pelas suas características renováveis, pela redução de emissões de gases do efeito estufa, auto-suficiência energética, além da possibilidade de geração de emprego e criação de novos mercados para os resíduos florestais (CANTO, 2009).

O Brasil possui enorme potencial no que tange ao uso de resíduos florestais. O país possui a segunda maior cobertura florestal do mundo e suas pesquisas tecnológicas envolvendo inovações de cultivo e genética são referências mundiais (JUVENAL e MATTOS, 2002). Além disso, sua posição na faixa tropical e subtropical do planeta favorece o cultivo de diversas espécies, como Pinus e Eucalipto, que possuem crescimento rápido, excelente produtividade e custos de implantação e manutenção decrescentes (BROBOUSKI, 2004) quando comparados a importantes concorrentes, como Nova Zelândia, África do Sul, Chile e Estados Unidos (LIMA, 2004)

Segundo dados da Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas (ABRAF, 2011), a área ocupada por plantios florestais de Eucalipto e Pinus no Brasil totalizou 6.510.693 ha, sendo 73% correspondente à área de plantio de Eucalipto e 27% de Pinus. Nesse segmento, a possibilidade de geração de energia via cogeração através de resíduos florestais oferece a possibilidade de aumentar a rentabilidade e reduzir os riscos do negócio, permitindo a

diversificação e a troca temporária de destino dos insumos, o que cria valor e oferece a esse setor a opção de selecionar aquela alternativa que seja mais interessante em cada instante.

Países produtores de madeira, como Canadá, Rússia e Brasil, já utilizam a biomassa em processo de geração conjunta de energia elétrica e térmica (cogeração). Além do uso para geração de energia, o emprego de resíduos agrícolas nesse tipo de indústria ajuda na redução de áreas de estocagem e da poluição ambiental, propiciam maior eficiência na utilização da matéria-prima e, por fim, reduz significativamente os custos de produção ao economizar na compra de combustíveis.

Dessa forma, entende-se que há uma significativa oportunidade de investimento em projetos de geração de energia a partir da biomassa, especialmente aquela oriunda de resíduos florestais. No entanto, a decisão de investimento no segmento de geração de energia é feita em um ambiente de incertezas e flexibilidades gerenciais, as quais podem afetar decisivamente o valor destes projetos. Especialmente no caso da biomassa, as variações climáticas e a sazonalidade agregam incertezas importantes quanto à capacidade de geração, além dos riscos quanto à manutenção das regras para a venda de energia que impactam significativamente nos preços pelos quais a mesma é comercializada.

1.1. Objetivos

O uso da biomassa como fonte de energia, além de diversificar a matriz energética nacional, é uma alternativa economicamente viável e permanente para aqueles setores industriais que demandam grande quantidade de energia e que recentemente têm sofrido com a elevação dos preços. Como exemplo, podem-se citar plantas químicas de papel e celulose, açúcar e álcool, cujos processos produtivos demandam quantidades significativas de energia térmica.

Outro exemplo é o processo produtivo de painéis de madeira, onde geralmente cavacos de *Eucalyptus Grandis* são utilizados como insumo principal para produção de HDF e MDF¹ e também, como combustível (biomassa) para

¹ **HDF** - High Density Fibreboard **MDF** - Medium Density Fibreboard

geração de energia térmica em forma de vapor, ar quente e água quente. Nessas fábricas, durante as atividades operacionais de movimentação de toras e preparação de cavacos, são separados, por equipamentos de transporte, os resíduos florestais, em sua maioria cascas e lascas refugadas, que, quando somados aos resíduos do próprio processo produtivo (pó de lixa, corte e refile), formam um volume significativo que pode ser reaproveitado como insumo energético (biomassa).

A partir de dados secundários aplicados em uma planta hipotética, o presente estudo objetiva avaliar a viabilidade econômico-financeira de um projeto de cogeração de energia. O investimento permitiria a autoprodução de energia tendo como insumo gás natural, resíduos florestais e de processos, liberando o volume de cavacos atualmente destinado para geração térmica para a produção de novas chapas de MDF. O projeto permite ainda a flexibilidade de queimar os cavacos junto com o gás natural e os resíduos, gerando um excedente de energia que pode ser comercializado através de contratos no mercado de curto prazo.

Em ambientes como o de energia, onde há presença de flexibilidade gerencial vinculada ao cenário de incertezas nos preços, a modelagem dessas alternativas pode ter um impacto positivo no valor do negócio que não é capturado pelos métodos tradicionais de avaliação, como o fluxo de caixa descontado. Torna-se necessário, portanto, a aplicação de um ferramental de avaliação que considere as diversas incertezas e as flexibilidades gerenciais existentes nesse setor (BRANDAO e SARAIVA, 2008). Estas flexibilidades geralmente agregam valor ao projeto e sua correta modelagem pode impactar a decisão de investimento. Diante desse contexto de flexibilidades gerenciais, sugere-se a aplicação da Teoria das Opções Reais.

A Teoria das Opções Reais (TOR) corresponde a uma extensão dos conceitos de opções financeiras, porém aplicados para fins de avaliação de investimentos em ativos reais. Segundo Bastian-Pinto (2009), a técnica é a mais adequada para mensurar as flexibilidades gerenciais em projetos corporativos ao considerar a capacidade do gestor em se adaptar às novas informações que surgem no decorrer do projeto, o que resulta em uma análise mais precisa e realista do negócio.

Neste trabalho, a TOR será empregada para avaliar a opção de selecionar o melhor destino para os cavacos atualmente empregados na geração de energia

térmica, partindo da premissa de que essa mudança poderá ser feita no início de cada mês e de modo totalmente independente, o que permite que a opção de alternância possa ser tratada como um conjunto de opções européias, possibilitando a utilização de simulação de Monte Carlo na resolução do problema.

A inovação deste trabalho consiste na incorporação de fatores de sazonalidade na volatilidade do Preço de Liquidação das Diferenças (PLD), que corresponde ao preço de comercialização de energia no mercado de curto prazo. Este último foi considerado como incerteza e seus valores foram estimados tendo como base o Modelo de Reversão à Média com Saltos de Clewlow, Strickland e Kaminski (2000). O resultado é um modelo original, especialmente adaptado às especificidades do mercado brasileiro.

1.2. Justificativa

O Brasil hoje é líder mundial no uso de fontes renováveis de energia, com as fontes de energia fósseis representando apenas um terço da matriz energética do país e a geração de energia renovável alternativa representando cerca de 5% da capacidade atual instalada de geração elétrica do Brasil. O Plano Decenal de Expansão de Energia (MME, 2009) prevê o aumento dessa participação para 8,6%, o que representaria 8,1 GW em novos projetos de energia renovável até 2017. Existe atualmente, portanto, uma significativa oportunidade de investimento em projetos de geração de energia a partir destas fontes renováveis, sendo que alguns destes utilizam resíduos florestais como insumo energético.

Projetos de energia geralmente envolvem grandes volumes de capital e significativo risco que, historicamente, sempre foram arcados pelo Estado. Porém, com a reestruturação do setor elétrico iniciada na década de 90, cujo intuito era a desverticalização das empresas estatais e aumento de participação da iniciativa privada no setor, os riscos financeiros relacionados à construção e implantação dos empreendimentos foram direcionados para a iniciativa privada. Essa transformação de uma política de gerenciamento de riscos centralizada na figura do Estado em um novo modelo, baseado em ações individuais com maior flexibilidade, contribuiu para um crescente acúmulo de incertezas ao setor, que

vão desde as perspectivas com relação à expansão da oferta até a gestão de riscos relacionados à variabilidade do consumo, variáveis essas que impactam fortemente o comportamento dos preços de energia (ZANFELICE, 2007).

A justificativa desse trabalho perpassa pela modelagem do preço da energia no ambiente de contratação livre, auxiliando assim o desenvolvimento de ferramental teórico e prático de valoração de projetos complexos de energia alternativa, analisando um problema tipicamente brasileiro e criando um modelo de análise capaz de aprimorar a qualidade das decisões dos gestores.

Projetos de fontes alternativas de energia apresentam flexibilidades gerenciais que influenciam seu valor e o risco, e que não são capturados pelas tradicionais metodologias de avaliação financeira e análise de investimentos de capital, como o método do Valor Presente líquido e a tradicional Taxa Interna de Retorno. Dessa forma, justifica-se a aplicação da Teoria das Opções Reais como técnica capaz de auxiliar a tomada de decisão, que, quando somada ao modelo de difusão estocástica de previsão de preço, torna-se ferramenta importante na avaliação econômico-financeira de projetos de cogeração a partir de resíduos florestais, especialmente na identificação e apreçamento das flexibilidades existentes nestes projetos.

1.3. Estrutura da Dissertação

O restante desse trabalho está assim organizado: a seção 2 apresenta o referencial teórico que guiou e auxiliou na elaboração deste estudo, ao abordar tópicos da TOR, os tipos de opções reais existentes e os principais processos estocásticos usados na modelagem das incertezas. A seção 3 aborda o tema biomassa na geração de energia, o atual panorama brasileiro, bem como aspectos relacionados à cogeração e ao uso de resíduos florestais e de processos como combustível. A seção 4 aborda o setor elétrico brasileiro, expondo as principais instituições que o operam, a formação do preço de energia no mercado de curto prazo e os ambientes de comercialização. A seção 5 apresenta os principais dados secundários usados no estudo, o tipo de processo estocástico empregado e as adaptações que foram feitas para torná-lo mais coerente com a realidade brasileira. A seção 6 apresenta os resultados, o que inclui a análise de viabilidade

do projeto, o cálculo do valor da opção e suas principais características, bem como análises de sensibilidade. Por fim, na última seção são expostas as conclusões do estudo.