

## 5 Conclusões e Recomendações para Futuras Pesquisas

Esta tese se iniciou com uma pesquisa sobre as políticas brasileiras e internacionais para contratação de energia eólica. O tema é relevante, pois o Brasil tem potencial conservadoramente estimado em 143 GW, 40% mais que toda a capacidade instalada de geração elétrica brasileira em 2008, e a energia eólica pode ajudar o país a suprir o aumento previsto de 54% na demanda por energia até 2019 (PDEE, 2010).

A energia eólica tem alta complementaridade com o regime diurno de demanda e também com o regime hidrológico brasileiro e, mais importante, as regiões de maior potencial eólico são justamente as regiões que têm importado energia de outras regiões do país, onde as térmicas e hidrocarbonetos têm sido acionadas com frequência. Assim, aumentar a inserção eólica no país faz sentido, não só devido às sinergias acima mencionadas, as quais ajudam a coibir aumentos excessivos de preço no mercado de energia, mas também em função de outros fatores, ainda não devidamente quantificados/considerados: redução de perdas na rede, dado que as eólicas ficam nas extremidades das linhas de transmissão, próximas da carga, e nas regiões que hoje importam energia gerada a milhares de quilômetros; diversificação da matriz energética e do risco geopolítico de suprimento de gás natural; menor exposição ao risco do preço do petróleo; menor emissão de gases de efeito estufa.

Portanto, considerar todos os benefícios, tanto quantitativos e qualitativos, da inserção eólica seria importante ao estabelecer políticas públicas para o setor. Há formas de fazê-lo, como se observa em diversas esferas de planejamento público e de infraestrutura nos países europeus e em outras partes do mundo, que usam Análises Multi-Critério (AMC), entre outras formas de valorização de benefícios. Assim, uma recomendação deste trabalho é que as políticas brasileiras para energia, hoje focadas no custo da energia, também sejam baseadas em análises AMC que, espera-se, poderiam melhor amparar um programa de longo

prazo para o setor, fundamental para que o segmento eólico de fato se torne relevante no país.

Tal política de longo prazo para eólicas ainda não existe no Brasil. A primeira sinalização de uma estratégia de longo prazo foi o programa PROINFA, que cumpriu seu papel de incentivar os primeiros investimentos em eólica no Brasil, mas experimentou uma curva de aprendizagem difícil: os parques eólicos contratados através do PROINFA, e que deveriam estar gerando energia desde o final de 2006, só deverão estar totalmente implantados no final de 2010. Outras tentativas de contratar energia eólica via o sistema de leilões, nos quais fontes mais baratas competiam com a eólica em iguais condições, assim como o PDEE (2008), que previa a manutenção da energia eólica inferior a 1% da matriz elétrica brasileira em 2017, apenas reforçavam as dúvidas do mercado sobre um futuro de longo prazo para o segmento.

Em 2009, no entanto, o governo empreendeu uma nova alteração na política, organizando o primeiro leilão específico para contratação de energia eólica, com regras próprias. Os resultados foram surpreendentes, com grande oferta de energia e a preços 19 a 30% abaixo do teto estabelecido pelo governo, de modo que dois novos leilões foram logo marcados para 2010. Também foi divulgado para consulta pública, poucos meses após o leilão 2009, o PDEE (2010), desta vez colocando a energia eólica como representativa de 4% da matriz em 2019.

Apesar desses sinais positivos de que o segmento ganhará representatividade nos próximos anos, ainda há dúvidas sobre o futuro. As decisões de contratação continuam sendo pautadas por modicidade tarifária e confiabilidade, e o acréscimo previsto em eólicas até 2019 pode ser mais uma resposta ao atraso previsto nos projetos hidrelétricos e térmicos e aos baixos preços obtidos no leilão 2009, do que um compromisso de longo prazo com o setor. Além disso, resta a dúvida se projetos contratados em leilões tão disputados se materializarão. Afinal, os parques PROINFA, com preços quase o dobro dos obtidos no leilão, continuam tendo sua quota de dificuldades para se concretizarem, apesar de estarem sujeitos a risco menor que o daqueles que venderam energia no leilão. Aliando-se a isso a experiência observada em alguns países do Europa que, tendo adotado leilões de preço, não tiveram uma boa experiência e já migraram para outros regimes de contratação ou, ainda, a

experiência semelhante enfrentada pela China, há motivos para se duvidar se a atual política brasileira de contratação viabilizará uma maior inserção eólica no país.

Há que se observar, portanto, a evolução dos parques que venderam energia no leilão 2009 para se concluir sobre esse ponto. É pouco provável que o sistema de leilões seja abolido, dado ser tão alinhado com as políticas gerais do governo para o setor de energia. No entanto, caso a inserção não ocorra conforme o esperado, esta pesquisa levantou alguns pontos a serem levados em consideração em uma eventual revisão das regras.

Observou-se na pesquisa que entre os modelos mais bem sucedidos de inserção eólica, e que ainda detêm algumas características que podem servir de exemplo ao Brasil, estão os modelos da Espanha, que além de permitir preço fixo, também dá a opção de pagar um prêmio acima do preço de mercado da energia (com piso e teto de preços) e o da Alemanha (preços fixos decrescentes com o tempo, de modo a forçar a evolução tecnológica e eficiência). Na Europa, a inserção eólica tem sido mais eficaz nos países que adotam o preço fixo e, mais importante, o preço da energia tem sido menor em tais países. Embora não se possa simplesmente replicar aqui a experiência de tais mercados, tão diferentes do Brasil, as lições lá aprendidas são de todo modo valiosas e devem ser lembradas caso seja necessário rever as regras.

Outro ponto importante se refere ao desenvolvimento de uma indústria de equipamentos forte o suficiente para reduzir o custo de implantação de parques eólicos, o que reduz o preço da energia e, em resumo, coloca o país no círculo virtuoso da inserção eólica. Observou-se que uma demanda anual mínima e estável permitiu o florescimento da indústria local em outros países, algumas vezes prescindindo até de barreiras à importação. Novamente, o que favoreceu foram regras claras e uma política crível de longo prazo, recomendações deste estudo.

Finalmente, falta de coordenação entre os órgãos governamentais e riscos difíceis de entender/apreçar dificultaram a inserção eólica na China e Reino Unido. Simplificar o que for possível parece ser fundamental. As regras de contratação no Brasil são fáceis de entender, embora o país possa ainda simplificar o acesso à informação e reduzir a burocracia. Mas, são os riscos bem

compreendidos pelos empreendedores, especialmente diante da pressão por preços baixos imposta pelo sistema de leilões?

A segunda parte desta tese procurou então entender o risco privado de um parque eólico no Brasil, sujeito às regras de contratação do leilão 2009. Além disso, procurou identificar uma forma de analisar esse risco e estabelecer uma estratégia de ação, assumindo o papel de um empreendedor.

Partindo do critério usualmente utilizado pelos empreendedores e empresas de consultoria da área, o VaR (Value at Risk), este trabalho identificou que, dadas as regras específicas de contratação e a característica assimétrica da principal fonte de incerteza, o vento, o VaR tem pouco poder para discriminar entre diversas estratégias de atuação nos leilões de energia. O trabalho propõe a medida Ômega, (KEATING & SHADWICK, 2002), como um critério melhor de decisão, capaz de lidar com problemas que não são suficientemente descritos apenas pela média e pela variância da distribuição de resultados, e também capaz de considerar a meta desejada pelo empreendedor e as eventuais oportunidades de *upside*, na decisão.

Para o parque usado como exemplo, a medida Ômega indica que se deve ofertar em leilão mais que a capacidade esperada do parque, enquanto critérios como o VaR recomendam ofertar menos que o esperado. Quanto menor o preço, maior deve ser a oferta, segundo o critério Ômega. Isto ocorre porque as regras de contratação são assimétricas para desvios a maior ou a menor que a geração esperada, de modo que as oportunidades de *upside* são maiores quando se oferta ligeiramente mais que o valor esperado. Para uma política de mais longo prazo, e em presença de uma maior inserção eólica na matriz brasileira, tal disparidade poderia atrapalhar o planejamento energético. Reduzir a assimetria das regras poderia ser uma solução, porém outras mudanças seriam necessárias para que os empreendedores não se vissem compelidos a fazer o contrário: ofertar menos, confiantes de que poderiam atualizar seu compromisso à realidade observada do parque.

Diante das dificuldades observadas para se analisar um parque eólico, e a evidência de que as séries ainda curtas de vento no Brasil podem exacerbar o risco privado de um gerador eólico, os resultados do leilão 2009 causaram surpresa: empresas tradicionais do setor eólico, no mundo, não participaram ou

abandonaram o leilão, enquanto outras, novatas, ganharam grandes lotes; alguns parques em locais de bom potencial eólico abandonaram o leilão, enquanto outros, de menor potencial e, portanto, necessitando de maior investimento em turbinas e terras, venceram o leilão.

Vários motivos poderiam explicar parques menos viáveis ganharem o leilão: maior segurança de que sua série de ventos é suficiente para analisar o risco, receio de que as regras de contratação mudem no futuro, ou até mesmo falta de sofisticação financeira. No entanto, pelo que se observou nos seminários sobre energia eólica ao longo do ano de 2009, os empreendedores também se diferenciavam quanto à sua visão de como seria o futuro do segmento eólico no Brasil. Novamente, a falta de uma política de longo prazo, incerteza quanto ao futuro, pode ter afetado o resultado do leilão.

Na terceira parte desta tese, procurou-se então identificar até que ponto as visões assimétricas dos empreendedores sobre o futuro do segmento podem ter influenciado os resultados do leilão. O problema foi analisado à luz da Teoria de Jogos com Opções Reais, mais especificamente como um duopólio que simula o grupo de empresas menos viáveis e o grupo das empresas mais viáveis economicamente, diante da decisão de entrar ou não no segmento eólico. O problema envolve três assimetrias: na visão de futuro, no valor dos projetos eólicos de cada jogador do duopólio, e também em relação ao custo de entrada no mercado.

Observa-se que o risco de preempção do mercado por parte das empresas menos viáveis economicamente cresce na situação em que tais empresas acham que o mercado será mais estável ou declinante em termos de valor. Assimetrias pequenas na visão de futuro já incentivam empresas menos viáveis a entrarem antes, isto é, a um preço mais baixo que o exigido por empresas que têm projetos mais viáveis economicamente. Quando os participantes do mercado são menos informados sobre a visão que seus competidores têm do futuro, isso privilegia a entrada das empresas mais viáveis, embora isso ocorra à custa de um preço um pouco mais alto de energia para o consumidor. Também se observou que, usando os parâmetros específicos de nosso problema, a decisão é muito sensível ao processo estocástico adotado, especialmente aqueles utilizados pela empresa menos viável economicamente, de modo que equalizar as visões ajudaria na construção de uma indústria eólica mais robusta no Brasil.

A melhor alternativa para reduzir o preço de energia para os consumidores ocorreu quando os investidores têm horizontes de investimento de longuíssimo prazo – cenário factível quando se tem segurança quanto à política de longo prazo do governo para eólicas.

Em resumo, o governo pode ter contratado energia de projetos com um risco maior de não concretização e, ainda, a preços talvez mais altos dos que seriam obtidos caso o cenário fosse de menor incerteza e de visões mais equalizadas sobre o futuro do segmento eólico no Brasil. Novamente, fica demonstrada a necessidade de sinais claros e críveis sobre a quantidade de energia eólica que será contratada no futuro, preços que serão praticados, assim como quanto ao custo de construção. Neste último ponto, dispor de uma indústria local forte pode ajudar na redução da incerteza. É importante notar que, com tudo o que foi descrito anteriormente, um sistema como o adotado pela Alemanha, de preços fixos descendentes e clareza quanto aos volumes que devem ser contratados, poderia dar melhores resultados. Para isso seria necessário, no entanto, uma análise melhor e mais elaborada, por parte do governo, do preço que tornaria um parque eólico viável, no Brasil.

Este trabalho tem algumas limitações: primeiro, usou-se um método simplificado de geração das séries sintéticas de ventos, imposto pela falta de dados de longo prazo que permitissem a geração de séries temporais longas no local de projeto, a ponto de justificar modelagem mais refinada. O método utilizado está consistente com o que se observou como prática no mercado e, portanto, gera conclusões que estão em linha com o que se espera dos empreendedores; no entanto, uma sugestão para trabalhos futuros é sofisticar a metodologia de geração das séries sintéticas de vento, que poderão ser utilizadas para replicar os estudos sobre risco e otimização feitos no Capítulo 3 desta tese.

Uma segunda limitação refere-se à modelagem em tempo contínuo adotada no Capítulo 4 como *proxy* para o problema, sendo que as contratações de energia eólica não se dão continuamente no tempo. Sugere-se que pesquisas futuras repliquem o trabalho usando métodos discretos de análise, comparando seus resultados com os obtidos nesta tese.

Outra limitação é ter-se considerado apenas a incerteza de mercado na avaliação usando a Teoria de Jogos com Opções Reais. As incertezas específicas de cada empresa podem variar significativamente entre os competidores,

especialmente no que se refere à volatilidade do comportamento dos ventos nos locais dos projetos. Ao negligenciar esse ponto, assumiu-se que as empresas são simétricas com relação a essa incerteza ou que ela também pode ser traduzida em uma assimetria de custo. De qualquer forma, a incerteza técnica de parques eólicos, e seus efeitos na decisão de esperar para investir, é um bom tema para pesquisas futuras.

Finalmente, as conclusões deste trabalho valem à luz das premissas utilizadas; embora se tenha tido o cuidado de torná-las o mais próximo possível da realidade, pode ainda haver inconsistências, especialmente no que se refere à terceira parte da tese. No entanto, a modelagem traz benefícios na compreensão desse segmento ainda tão novo no Brasil e permite “*quantificar o pensamento estratégico*”, uma das grandes contribuições da Teoria de Jogos com Opções Reais, segundo Smit & Trigeorgis (2004, p.52).

Apesar destas limitações, o trabalho permite aos legisladores e às empresas ganhar intuição sobre os fatores que influenciam a decisão de investimento no segmento eólico e pode trazer informações práticas para os atores do mercado.

Com base no que se identificou na literatura, vale notar que este é o primeiro trabalho a analisar este mercado no Brasil e no mundo do ponto de vista tanto da Teoria de Jogos com Opções Reais quanto no de otimização sob incerteza, usando a medida Ômega como critério. É, também, o primeiro trabalho a utilizar a teoria de duopólios em presença de três assimetrias, sendo uma delas a assimetria no processo de difusão do valor de uma carteira de projetos eólicos, análise original em presença da literatura já existente. Finalmente, e mais importante, a metodologia utilizada de otimização sob incerteza e a modelagem do problema como Jogos com Opções Reais podem ser replicadas a outras indústrias.

Esta tese foi, portanto, inovadora na metodologia e na aplicação, inédita em um mercado que está crescendo muito no mundo e, espera-se, também no Brasil, e pode ser generalizada para a solução de outros problemas que envolvam regulação, leilões ou decisão de investimento sob incerteza e competição.