

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE A REDAÇÃO FINAL DA  
TESE DEFENDIDA POR João Gorenstein  
Dedecca..... E APROVADA  
PELA COMISSÃO JULGADORA EM 25 / 06 / 2012

  
ORIENTADOR

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS**  
**FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA**  
**COMISSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA**

João Gorenstein Dedecca

**Barreiras à Geração Eólioelétrica no Brasil e  
na Argentina: Uma Aplicação do Método de  
Análise Hierárquica**

Campinas, 2012.

João Gorenstein Dedecca

# **Barreiras à Geração Eólioelétrica no Brasil e na Argentina: Uma Aplicação do Método de Análise Hierárquica**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado da Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade Estadual de Campinas, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Planejamento de Sistemas Energéticos.

Orientador: Gilberto de Martino Jannuzzi

Campinas  
2012

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA  
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA E ARQUITETURA - BAE - UNICAMP

G669b Gorenstein Dedecca, João, 1985-  
Barreiras à geração eólioelétrica no Brasil e na  
Argentina : uma aplicação do método de análise  
hierárquica / João Gorenstein Dedecca. --Campinas, SP:  
[s.n.], 2012.

Orientador: Gilberto de Martino Jannuzzi.  
Dissertação de Mestrado - Universidade Estadual de  
Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica.

1. Análise multicritério. 2. Energia eólica. 3.  
Desenvolvimento energético. 4. Política energética -  
América Latina. 5. Energia - Fontes alternativas. I.  
Martino Jannuzzi, Gilberto de, 1955-. II. Universidade  
Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia  
Mecânica. III. Título.

Título em Inglês:	Barriers to the development of wind power in Brazil and Argentina : an application of the analytic hierarchy process
Palavras-chave em Inglês:	Multicriteria analysis, Wind Energy, Energy development, Energy policy - Latin America, Energy - Alternative sources
Área de Concentração:	-
Titulação:	Mestre em Planejamento de Sistemas Energéticos
Banca examinadora:	Sérgio Valdir Bajay e Luiz Carlos Pereira da Silva
Data da defesa:	25/06/2012
Programa de Pós Graduação:	Planejamento de Sistemas Energéticos

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS**  
**FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA**  
**COMISSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA**  
**DEPARTAMENTO DE ENERGIA**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO ACADÊMICO**

**Barreiras à Geração Eólioelétrica no Brasil e  
na Argentina: Uma Aplicação do Método de  
Análise Hierárquica**

Autor: João Gorenstein Dedecca  
Orientador: Gilberto de Martino Jannuzzi

A Banca Examinadora composta pelos membros abaixo aprovou esta Dissertação:

  
\_\_\_\_\_  
**Prof. Dr. Gilberto de Martino Jannuzzi, Presidente**  
**Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas**

  
\_\_\_\_\_  
**Prof. Dr. Sérgio Valdir Bajay**  
**Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas**

  
\_\_\_\_\_  
**Prof. Dr. Luiz Carlos Pereira da Silva**  
**Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação, Universidade Estadual de Campinas**

Campinas, 25 de Junho 2012

## **Agradecimentos**

Agradeço à todos que permitiram um ambiente agradável para a elaboração desta dissertação, minha família, namorada, amigos, orientador, professores e colegas.

Agradeço também ao meu orientador pelas grandes oportunidades oferecidas, e pelo apoio e sugestões sempre enriquecedoras.

## Resumo

Este trabalho utilizou o método de análise hierárquica (AHP, amplamente aplicado ao estudo de questões energéticas) e entrevistas para identificar as principais barreiras ao desenvolvimento eólico na Argentina e no Brasil, segundo a percepção de especialistas de ambos os países, com o desenvolvimento de uma metodologia que pode ser aplicada ao estudo de outras tecnologias emergentes de geração.

A metodologia indicou haver grande concordância entre os resultados das entrevistas e da aplicação do AHP, além de cada ferramenta complementar as principais contribuições da outra. Muitas barreiras identificadas resultam da formatação dos setores elétricos, identificando-se, contudo, um maior consenso sobre as barreiras entre especialistas argentinos.

Este trabalho identificou também a tendência de manutenção do desenvolvimento da geração eolioelétrica nos dois países, apesar das barreiras levantadas e da percepção de implantação de medidas paliativas no sistema elétrico argentino, com a falta de medidas mais abrangentes.

*Palavras Chave:* Métodos Multicritério, AHP, Método de Análise Hierárquica, Setor Eólico, Brasil, Argentina

## **Abstract**

This study used the analytic hierarchy process (AHP, largely used in the study of energy matters) and interviews to identify the main barriers to the development of wind power in Argentina and Brazil, according to the perceptions of specialists from both countries, with the development of a methodology that may be applied to the study of other emerging power generation technologies.

The methodology indicated a great consistency between results from interviews and the application of the AHP, besides each tool complementing the other's main contributions. Many identified barriers result from the configuration of the power sectors, although a greater consensus on barriers was seen among Argentinean specialists.

This study also identified the tendency of maintenance of the development of wind power generation in both countries, in spite of the surveyed barriers and the perception of the implantation of palliative measures to the Argentinean power sections, in detriment of more comprehensive measures.

*Key Words:* Multicriteria Methods, AHP, Analytic Hierarchy Process, Wind Sector, Brazil, Argentina

## Lista de Ilustrações

Figura 1: Configuração do Sistema Elétrico Argentino (Nagayama e Kashiwagi, 2007).....	18
Figura 2: Configuração do Sistema Elétrico Brasileiro (ANEEL, 2008).....	20
Figura 3: Estrutura da aplicação de um MMAD (Guitouni e Martel, 1998).....	44
Figura 4: Estrutura detalhada da aplicação de um MMAD (Belton e Stewart, 2010).....	45
Figura 5: Exemplo de Hierarquia (Bandeira, Becker e Rocha, 2010).....	48
Figura 6: Exemplo de Hierarquia com Prioridades Locais (l) e Globais (p) de Bandeira, Becker e Rocha (2010) .....	56
Figura 7: Sistemas de Custos para a Energia Eólica (Junginger, Faaij e Turkenburg, 2005) .....	66
Figura 8: Hierarquia de Barreiras ao Desenvolvimento da Geração Eólicoelétrica.....	68



## Lista de Tabelas

Tabela 1: Estrutura de um MMAD e do AHP (baseado em Hughes (2009)).....	47
Tabela 2: Exemplo de Matriz de Avaliação Utilizada em Bandeira, Becker e Rocha (2010) .....	51
Tabela 3: Índice de Consistência Aleatório (Saaty, 1990) .....	54
Tabela 4: Especialistas Entrevistados.....	74
Tabela 5: Avaliação de Especialistas para a Argentina.....	75
Tabela 6: Avaliação de Especialistas para o Brasil .....	76
Tabela 7: Consistência das Avaliações para a Argentina.....	77
Tabela 8: Consistência das Avaliações para o Brasil .....	77

## **Lista de Abreviaturas e Siglas**

### *Abreviações*

**ACL** - Ambiente de Contratação Livre

**ACR** - Ambiente de Contratação Regulada

**AHP** - Método de Análise Hierárquica

**ANEEL** - Agência Nacional de Energia Elétrica

**BICE** - Banco de Investimento e Comércio Exterior

**BM** - Banco Mundial

**CAMMESA** - Companhia Administradora do Mercado Elétrico Atacadista

**CCEE** - Câmara de Comercialização de Energia Elétrica

**ENARSA** - Energía Argentina SA

**ENRE** - Ente Nacional Regulador da Energia

**EPE** - Empresa de Pesquisa Energética

**ICG** - Instalação Compartilhada de Geração

**IDB** - Banco Interamericano de Desenvolvimento

**IEA** – Agência Internacional de Energia

**IPCA** - Índice de Preços ao Consumidor Amplo

**MME** - Ministério de Minas e Energia

**ONS** - Operador Nacional do Sistema

**PUREE** - Programa para o Uso Racional da Energia Elétrica

**UHE** - Usina Hidroelétrica

.....

# SUMÁRIO

1	Introdução .....	1
1.1.	Objetivos.....	3
1.2.	Metodologia.....	3
1.3.	Estrutura.....	4
2	Desenvolvimento Histórico e Atual.....	6
2.1.	Crise Energética e os Setores Elétricos de Brasil e Argentina.....	8
2.2.	Configuração e Formação Atual dos Setores Elétricos Nacionais.....	14
2.3.	Desenvolvimento da Geração Eolielétrica.....	21
2.4.	Outros Incentivos à Geração.....	26
2.5.	Programas de Apoio.....	27
2.6.	Desenvolvimento da Indústria .....	28
2.7.	Conclusão do Capítulo: Estado Atual.....	29
3	Métodos Multicritério .....	31
3.1.	Propósito dos Métodos Multicritério .....	31
3.2.	Breve Desenvolvimento Histórico.....	32
3.3.	Conceitos .....	33
3.4.	Classificação de Métodos .....	38
3.5.	MMADs e Planejamento Energético .....	39
3.6.	Conclusões sobre os Métodos Multicritério .....	40
4	AHP.....	42
4.1.	Razões para a Utilização do Método de Análise Hierárquica.....	42
4.2.	Estrutura de um MMAD e Etapas do AHP.....	44
4.3.	Escolhas no AHP .....	57
4.4.	Críticas ao AHP .....	59
4.5.	Conclusões do Capítulo .....	62

5	O AHP para Identificar Barreiras.....	63
5.1.	O AHP e os Objetivos.....	63
5.2.	Utilização do AHP para o Problema.....	64
5.3.	Etapa de Estruturação .....	65
5.4.	Análise Comparativa.....	71
5.5.	Resultados .....	75
5.6.	Análise Individual de Barreiras .....	88
5.7.	Conclusões do Capítulo .....	103
6	Conclusão.....	108
	Referências .....	113
	ANEXO A – Questionário AHP – Versões em Espanhol e Português .....	125

# 1 Introdução

A história do Brasil e da Argentina é rica em paralelos sobre o seu desenvolvimento político, econômico e social, com diversas fases e transformações comuns aos dois países. Contudo, uma melhor análise também revela grandes diferenças neste desenvolvimento, resultantes do seu processo histórico, das características de cada país e das influências internacionais.

Os setores elétricos dos dois países também apresentam diferenças e semelhanças. Pode-se estabelecer paralelos entre as fases de crescimento do setor elétrico sob a égide estatal, crise e reforma nos anos 1980 e 1990 e novamente crise e reforma na década de 2000. Contudo, os setores elétricos se encontram atualmente em situações distintas, resultantes da sua evolução histórica, mas também de fatores externos como a situação político-econômica nacional e internacional, e a disponibilidade de recursos energéticos.

Paralelamente a estes acontecimentos questões ambientais como o aquecimento global e os impactos imediatos da exploração e uso de combustíveis fósseis para fins energéticos passaram a ser consideradas mais fortemente nas últimas décadas. Aliados a questões de independência energética que surgiram a partir das altas dos preços internacionais do petróleo na década de setenta, estes fatores levaram alguns agentes e países a considerar e promover certas tecnologias de geração que utilizam fontes renováveis de energia, entre elas a tecnologia eólicoelétrica.

Atualmente, enquanto encontram-se diversos exemplos de países com um parque gerador eólicoelétrico desenvolvido, a capacidade instalada no Brasil ou na Argentina é modesta em comparação. Contudo, desenvolvimentos recentes nos dois países indicam para uma aceleração desta capacidade instalada.

Assim como no setor elétrico em geral, a evolução da geração elétrica a partir de aerogeradores (turbinas eólicas) no Brasil e na Argentina também é influenciada por fatores externos, mas logicamente o estado do setor elétrico é crucial para seu desenvolvimento, e.g. através da competitividade de certas fontes, da regulação e de agentes do setor.

Embora projetos eólicos tenham sido contratados, grande parte destes ainda deve ser construída, restando muitos fatores que podem influenciá-los. Ademais, novas barreiras e problemas podem surgir. A geração eolielétrica possui características específicas, com sítios seletos para implantação, e com uma cadeia industrial e de serviços distinta de fontes convencionais como as térmicas.

Finalmente, devido à complexidade da questão e o desejo de se realizar uma análise holística, o estudo segundo percepções de agentes do setor permite identificar diferentes barreiras, algumas das quais talvez não fossem indicadas como relevantes caso se considerasse somente um ponto de vista.

A tecnologia eolielétrica é influenciada assim por fatores externos econômicos, sociais e do setor elétrico, mas também internos ou técnicos, como o estado da indústria e dos serviços, ou do sistema elétrico. Um estudo focado na tecnologia pode assim analisar um momento crucial onde um progresso inicial já foi realizado, mas onde restam muitas incertezas sobre o desenvolvimento da fonte. Ademais, o estudo simultâneo destes dois países permite estabelecer paralelos e diferenças para esclarecer as formas de interação da tecnologia com os fatores mencionados.

Não existem estudos específicos aos dois países para a tecnologia e barreiras ao seu desenvolvimento. Ademais, mesmo estudos que analisam as barreiras em algum dos dois países procuram focar certos aspectos, como de regulação ou econômicos, sem procurar identificar todos os fatores relevantes nem hierarquizá-los segundo sua importância (e as barreiras mais significativas se alteram ao longo dos anos). Finalmente, embora métodos multicritérios sejam utilizados no mundo para o estudo da energia eólica não se identificou no Brasil ou na Argentina uma aplicação exclusiva a esta fonte.

Deste modo, o presente estudo fornece diversas informações sobre a geração eolielétrica nos dois países, além de realizar contribuições metodológicas para a aplicação de um método multicritério à identificação de barreiras ao desenvolvimento de uma tecnologia de geração elétrica.

## 1.1. Objetivos

Devido aos motivos indicados na introdução, os objetivos desta dissertação são:

- Analisar o quadro atual para a geração eólicoelétrica em terra conectada à rede no Brasil e Argentina, identificando e hierarquizando barreiras econômicas, técnicas, regulatórias e de agentes para seu desenvolvimento, e propor algumas soluções
- Adequar a metodologia AHP e os questionários para envio para especialistas diretamente relacionados com a geração eólicoelétrica nos dois países
- Identificar diferenças entre posições de especialistas e entre a situação do setor eólico nos dois países

## 1.2. Metodologia

Para atingir os objetivos a metodologia adotada foi separada em três partes:

- Adaptação do método de análise hierárquica (AHP) para o problema em questão e elaboração do questionário para ranqueamento de barreiras
- Aplicação do AHP e condução simultânea de entrevistas
- Análise dos resultados por especialista, barreiras e país, e apresentação de possíveis soluções individuais para as barreiras

Diversas modificações foram realizadas sobre a metodologia usual do AHP, pois embora o método procure identificar soluções mais adequadas para o problema este estudo busca analisar o problema, sem a indicação de soluções pelo AHP. O questionário elaborado contém a apresentação do problema, o método AHP e a seção de respostas dos especialistas.

A aplicação do AHP e as entrevistas foram realizadas pessoalmente ou a distância, com 5 especialistas argentinos e 7 brasileiros. A análise destas permitiu a identificação das barreiras que são atualmente ou que serão futuramente os maiores entraves ao desenvolvimento da geração eólicoelétrica em cada país, tendo sido possível também desenvolver propostas de soluções para estas barreiras.

A metodologia desenvolvida permitiu obter uma análise rica em detalhes onde a interação entre o método e as entrevistas complementou informações de cada um. Foi possível identificar maior consenso sobre as barreiras na Argentina do que no Brasil, mas não é possível relacionar as percepções de cada ator com seu ramo de atuação dentro do setor eólico.

### **1.3. Estrutura**

A estrutura desta dissertação é como segue. Primeiramente se apresenta resumidamente o desenvolvimento econômico e dos setores elétricos argentino e brasileiro, para então se detalhar o quadro atual dos setores eólicos dos dois países.

Em seguida é apresentada a teoria dos métodos multicritério de apoio à decisão (MMAD), indicando seu desenvolvimento, os principais conceitos, formas de classificação dos diversos métodos e sua aplicação na área de planejamento energético.

Após a apresentação dos métodos multicritério se apresenta o método de análise hierárquica, com sua fundamentação teórica, principais conceitos, etapas de aplicação e as críticas que por vezes são dirigidas ao método, e as principais argumentações frente a estas críticas.

A seção seguinte apresenta os resultados da adaptação do AHP e da utilização de entrevistas para identificar barreiras ao desenvolvimento da geração eólicoelétrica no Brasil e na Argentina, segundo a percepção de especialistas dos setores eólicos dos dois países.



Finalmente, uma conclusão da adaptação do método e dos resultados obtidos é apresentada, considerando também caminhos futuros para a utilização da metodologia utilizada, e discutindo a inserção da geração eólicoelétrica nos setores elétricos e na economia de Argentina e Brasil.

## 2 Desenvolvimento Histórico e Atual

A conversão da energia eólica para energia elétrica é antiga, com o primeiro grande aerogerador tendo sido instalado em 1888 nos Estados Unidos (Kaldellis e Zafirakis, 2011). Desde então desenvolvimentos tecnológicos em aerogeradores realizados foram realizados pontualmente em diversas partes do mundo, ocorrendo na Dinamarca uma difusão da tecnologia durante a 1ª Guerra Mundial. Apesar disto nos principais sistemas elétricos mundiais a energia eolioelétrica não representou uma parcela significativa da matriz elétrica, e mesmo os diversos projetos de pesquisa e desenvolvimento existentes na década de cinquenta encontraram dificuldades de financiamento devido aos baixos preços do petróleo (Hau, 2006).

Este quadro viria a mudar a partir da primeira crise do petróleo de 1973, que estimularia a retomada de projetos abandonados assim como a criação de novas pesquisas. Hau (2006) indica então a existência de dois modelos de desenvolvimento de aerogeradores, um voltado para modelos de médio e grande porte e outro voltado para modelos de pequeno porte. Enquanto que o primeiro modelo predominou em diversos países, o último foi mais bem sucedido na Dinamarca. Quando da instauração dos mecanismos de incentivo descritos por Righter (1996) nos Estados Unidos (e mais especificamente na Califórnia), a indústria eólica Dinamarquesa se beneficiaria grandemente, embora ainda se discuta a parte de mercado que esta teria obtido (Ackermann, 2005; Hau, 2006).

A indústria dinamarquesa foi também favorecida por incentivos nacionais, e mesmo enfrentando dificuldades com a diminuição do desenvolvimento eólico dinamarquês e o fim do californiano, conseguiu sobreviver para participar da retomada eólica que se daria na Europa a partir da segunda metade dos anos noventa. Então se destacariam, além da dinamarquesa, as indústrias alemã e espanhola, e paralelamente a indiana, embora muitos outros países tivessem também empresas no setor eólico. O desenvolvimento da indústria nestes países demonstraria a importância do mercado nacional, dos incentivos de naturezas diversas e das possibilidades subsequentes de expansão internacional, como refletido no modelo de Lund (2009) para a análise do efeito de políticas energéticas na expansão de indústrias de energias renováveis.

Com a entrada de novos agentes, como outros países europeus e a China, e o retorno do desenvolvimento eólico norte-americano no final de 2010 a capacidade instalada global em aerogeradores era de 237,7 GW, ou mais de 30 vezes aquela de 1996 (GWEC, 2012).

Como comparação, no final de 2009 a capacidade instalada eólicoelétrica conectada à rede na Argentina e no Brasil era de 29,8 e 602,3 MW respectivamente. No final de 2011 esta capacidade era de 1509 e 130 MW, representando assim uma parcela pequena do total mundial (Soares, Kind e Fernández, 2009; ANEEL, 2010; GWEC, 2012). Assim, o desenvolvimento da geração eólicoelétrica nos dois países pode ser considerado ainda incipiente quando comparado a outras regiões.

É preciso considerar, porém, que as crises energéticas dos anos setenta não resultaram somente em maiores financiamentos à tecnologia eólica. Embora Barsky e Kilian (2004) indiquem que motivações políticas isoladamente não causaram a alta de 1973 dos preços do petróleo, e que esta não tenha sido a única causa para a recessão econômica mundial que se apresentaria, os autores reconhecem a conexão entre períodos de depressão econômica e de altos preços do petróleo. Adicionalmente, se a desaceleração econômica norte-americana não foi resultado direto e exclusivo da alta de preços, o mesmo não pode ser afirmado para países em desenvolvimento, mais expostos e com balanços de pagamentos mais sensíveis, como no caso de Brasil e Argentina.

Se na geração eólicoelétrica Argentina e Brasil apresentaram um desenvolvimento mais tardio do que outros países por outro lado Barroso et al. (2006) indicam que “a indústria elétrica na América do Sul enfrentou uma transformação profunda no final da década de oitenta e começo da de noventa, sem paralelo no mundo”. Deste modo é necessário estudar a crise energética dos anos setenta e o desenvolvimento dos setores elétricos dos dois países assim como seus efeitos sobre o incentivo à geração eólicoelétrica, o que permite uma compreensão do desenvolvimento histórico desta e também da interação (frequente) do setor elétrico com fatores externos. Isto permitirá uma melhor análise das barreiras atuais à geração eólicoelétrica nos dois países.

## **2.1. Crise Energética e os Setores Elétricos de Brasil e Argentina**

Antes mesmo da alta dos preços internacionais do petróleo em 1973 a dívida externa brasileira já apresentava uma tendência forte de crescimento, devido principalmente à acumulação de reservas (Lacerda et al., 2006). Com a alta o governo brasileiro faria a escolha de manter o processo de substituição de importações, o que exigiria a manutenção das importações de petróleo, e agravaria a dívida externa (Lacerda et al., 2006; Leite, 2007).

Já a Argentina apresentava uma autosuficiência significativa de petróleo, mas Gadano (1998) indica que a política interna de controle dos preços do petróleo resultou em um descolamento entre os preços nacionais e internacionais, havendo também uma queda na produção de petróleo, resultando num aumento das importações. Barrera e Vitto (2009) sugerem que a queda na produção tenha sido consequência da influência política do governo, que desejava “transformar a arquitetura do sistema energético”, embora os autores não possam negar categoricamente a explicação tradicional de esgotamento de poços de petróleo. Como para o Brasil, os autores indicam que a alta dos preços internacionais do petróleo teria efeitos negativos sobre o balanço de pagamentos argentino, através do encarecimento das importações (e não somente do petróleo) e diminuição das exportações devido ao menor crescimento da economia internacional.

O endividamento de Brasil e Argentina seria facilitado pela liquidez do mercado internacional de capitais, resultado do superávit dos países exportadores de petróleo após a alta de preços do último. Assim, as crises energéticas da década de setenta tiveram um efeito duplo sobre os dois países, piorando o balanço de pagamento e simultaneamente facilitando esta situação através de um acesso mais fácil a empréstimos internacionais.

Barrera e Vitto (2009) indicam que as ações do governo argentino para fazer frente à alta de preços do petróleo da década de setenta foram temporárias e insuficientes, não havendo a implantação de medidas suficientes para aumentar a produção nacional de petróleo e melhorar o balanço de pagamentos. Leite (2007) também critica a política adotada pelo governo brasileiro,

que procurou continuar com o processo de substituição de importações, implantar grandes projetos energéticos e que privilegiou inicialmente atividades de maior retorno e menor risco na cadeia do petróleo, em detrimento das áreas de pesquisa e desenvolvimento e prospecção. Por outro lado Lacerda et al. (2006) indicam que diversos acadêmicos creditam uma melhor performance econômica do Brasil nos anos oitenta ao II Plano Nacional de Desenvolvimento, implantado pelo governo após a crise energética de 73.

No Brasil e na Argentina no início da década de setenta os governos já exerciam um papel central nos setores elétricos, através das companhias estatais, criadas nas décadas anteriores (Leite, 2007; Dutt, Nicchi e Brugnoli, 1997; Suazo, 2004). Dutt, Nicchi e Brugnoli (1997) indicam que de 1975 até as reformas da década de noventa na Argentina haviam grandes folgas entre a oferta e demanda de energia elétrica, embora o setor também tenha sido caracterizado pela ineficiência, custos elevados e atrasos frequentes nos cronogramas de obras aliados a sobrecustos, sendo o deterioramento dos serviços mais visível na distribuição, de acordo com Suazo (2004). Uma das razões para a grande folga na capacidade de geração existente era a prioridade dado pelo governo argentino à substituição de petróleo e seus derivados, como indicam Barrera e Vitto (2009). No Brasil também haveria uma folga entre oferta e demanda, resultado da construção de diversas grandes usinas hidroelétricas (UHE) no período, mas também da não concretização do cenário esperado de alto crescimento da demanda. De fato, os altos níveis de crescimento econômico observados até o fim da década de setenta seriam substituídos por um desenvolvimento mais errático na década de oitenta, contrariando as expectativas dos planejadores (Leite, 2007).

Outro fator seria comum nos dois países e teria uma influência direta sobre os rumos posteriores do setor elétrico: a manutenção das tarifas de energia elétrica em níveis inadequados. De fato, como indicam Suazo (2004), Leite (2007) e Dutt, Nicchi e Brugnoli (1997) ambos os governos utilizaram as tarifas como forma de controle inflacionário nas décadas de setenta e oitenta, comprometendo a saúde financeira das empresas do setor, estando as empresas estatais inclusas no esforço para um superávit das contas públicas. Com o período de baixo crescimento da década de oitenta e a alta de juros no mercado internacional fatores externos políticos e econômicos contribuíram para uma crise do setor elétrico nos países, que embora caracterizados

por más técnicas de gestão e influência políticas conseguiram durante décadas atender satisfatoriamente a demanda nacional em tempos de crescimento econômico acelerado.

Na Argentina ocorreu uma grave crise de abastecimento em 1988-1989 ocasionada pela “elevada indisponibilidade do parque térmico (mais de 50%) e reduzido aporte hidráulico (60% dos valores normais)” (Suazo, 2004). Embora o ENRE (1998) indique que a crise energética de 1988-1989 tenha sido o principal motivador da reforma do setor elétrico, Pistonesi (2000) afirma que a situação das companhias do setor também teve forte influência. Contudo, o autor também afirma que estes dois fatores são secundários, sendo o principal motivador da reforma a política econômica e energética geral do governo argentino.

Já na década de oitenta o Chile havia iniciado o processo de reforma do setor elétrico. A Argentina seguiu seus passos no início da década de noventa, antecedendo assim o governo Brasileiro, cujas mudanças mais significativas só viriam na segunda metade da década. Em 1992 foram criados o mercado atacadista de energia (*Mercado de Energía Mayorista*, MEM) e a agência reguladora do setor, o *Ente Nacional Regulador de la Electricidad* (ENRE). A contratação de eletricidade no MEM pôde ser realizada por contratos bilaterais ou no mercado de curto prazo (*spot*), enquanto que distribuidoras de energia compram a eletricidade a preços regulados trimestralmente (Arango, Dyner e Larsen, 2006; Jannuzzi et al., 2010).

Enquanto que a distribuição e a transmissão de energia foram consideradas como monopólios naturais, onde a prestação de serviços devia ser regulada, no segmento de geração a competição foi estimulada, através de medidas como o livre acesso ao sistema de transmissão e os mecanismos de contratação de energia do MEM. No processo de privatização que seguiu a nova regulação do setor todo o sistema de transmissão foi privatizado, enquanto que para a geração e distribuição a proporção foi de aproximadamente 60 e 70%, respectivamente (Arango, Dyner e Larsen, 2006).

Não há um consenso sobre a avaliação da reforma e do desempenho do setor elétrico na década de noventa. Embora muitos autores reconheçam a melhoria de indicadores como perdas elétricas e margem de reserva da capacidade instalada, e conseqüentemente da gestão das empresas do setor (e.g. (Rudnick et al., 2005; Arango, Dyner e Larsen, 2006; Bouille, Dubrovsky

e Crescencia, 2001; Pistonesi, 2000)) são também numerosas as críticas aos resultados dos modelos:

- Parte da queda de preços de energia no mercado atacadista pode ser atribuída à entrada em operação de grandes projetos hidroelétricos desenvolvidos pelo Estado argentino
- Esta redução de preços não se refletiu na redução das tarifas para os consumidores regulados
- A estrutura tarifária das distribuidoras favorecia grandes consumidores
- O modelo favoreceu a construção de usinas termoelétricas convencionais em detrimento de hidroelétricas
- O modelo não forneceu sinais adequados para conter a expansão da capacidade instalada no começo da década de noventa e para estimular a construção de novos empreendimentos no final da mesma
- O mecanismo para a expansão da transmissão era inadequado
- A universalização do acesso nas áreas rurais pouco avançou com o novo modelo (embora o avanço em áreas urbanas tenha sido significativo)
- A estrutura do mercado ainda é sujeita a influências políticas do governo (através da determinação do preço regulado para as distribuidoras) e também do setor privado (através da agência reguladora ENRE)

Nem todos os autores partilham de todas as críticas, e não há tampouco um consenso sobre se a reforma da década de noventa teve resultados em geral positivos ou negativos, embora as críticas ganhem peso quando a discussão é inserida em um quadro de análise da política econômica e social do governo Menem.

A reforma brasileira apresentou uma dinâmica diferente da argentina, já que o programa de privatização começou antes da implantação de muitos pontos importantes da nova regulação do

setor elétrico. Além disto, a privatização das empresas do setor também foi menos extensa do que na Argentina.

Em 1993 extinguiu-se a equalização tarifária para a energia elétrica que vigorava então no país, assim como o regime de remuneração pelo custo, criando-se um novo mecanismo para subsidiar a geração térmica nos sistemas isolados, a Conta de Consumo de Combustíveis dos sistemas isolados, CCC-Isol (Leite, 2007). Em 1996 instituiu-se a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), órgão regulador do setor, e aproximadamente na mesma época iniciou-se o processo de privatização, antes que o grupo que estudava o processo de reforma do setor pudesse apresentar seus resultados.

Haviam então poucas distribuidoras de controle federal, e o governo federal agrupava principalmente companhias atuantes na geração e transmissão de energia. O processo de privatização encontrou também resistência social e política significativa, o que se reflete na participação privada no setor elétrico brasileiro, onde no começo da década de 2000 70, 90 e 40% da geração, transmissão e distribuição eram estatais (Arango, Dynner e Larsen, 2006).

Além da ANEEL foram criadas duas novas instituições em 1998. A primeira é o Operador Nacional do Sistema (ONS), responsável pela operação ótima do sistema elétrico e segundo Leite (2007) também pela administração e planejamento do segmento de transmissão. A segunda instituição foi o Mercado Atacadista de Energia (MAE), ambiente de comercialização da energia elétrica onde se definia o preço de curto prazo da eletricidade (preço *spot*).

Contudo, esta configuração do setor elétrico Brasileiro teve vida curta. De fato, o nível anual dos reservatórios das UHEs dos sistemas Nordeste (NE) e Sudeste-Centro-Oeste (SE/CO) apresentou queda contínua de 1997 até 2001, o que Leite (2007) atribui à situação do setor anterior e à incapacidade da reforma de promover a expansão do parque de geração e transmissão, devido a atrasos, obras não-iniciadas, a situação macroeconômica e a falta de participação do setor privado, conjuntamente com um período hidrológico desfavorável.

Com a crise energética de 2001 o governo lançou a mais nova versão do até então mal-sucedido Programa Prioritário de Termoelétricas de promoção da construção de usinas termoelétricas (UTE) a gás natural (Bajay, 2004). Contudo, apenas os empreendimentos onde havia a participação da Petrobrás foram encaminhados (Jardini et al., 2002). Foi também iniciado



o racionamento de energia com cotas obrigatórias de redução do consumo para todas as classes de consumidores, e finalmente estabeleceram-se medidas para auxiliar a recuperação financeira das companhias do setor, como a Recuperação Tarifária Extraordinária e a Compensação de Variação de Valores (Leite, 2007).

Enquanto o Brasil enfrentava a crise energética a Argentina já se encontrava em um quadro de degradação econômica que tem ainda reflexos importantes sobre o país e seu setor elétrico. Os problemas começaram em 1998, ano em que a economia argentina entra em uma recessão que permaneceria e se agravaria até 2002.

Com a política econômica do governo argentino, marcada pela paridade do peso argentino com o dólar, na década de noventa o país via uma deterioração do balanço de pagamentos, a “desestruturação do setor produtivo” e níveis de investimento que não acompanhariam a entrada de capitais no país, resultando no aumento da participação da conta de juros nos gastos públicos e no balanço de pagamentos (Ferrari e Cunha, 2008).

Heymann (2006) cita também a queda dos preços de exportação, a desaceleração econômica do Brasil e o aumento das taxas de juros nos Estados Unidos como causas contribuintes para a crise, focando a insustentabilidade do balanço de pagamentos argentinos e sua incompatibilidade com a política econômica, que não permitia uma saída adequada para a situação de degradação econômica, pois quaisquer sinais de abandono da paridade resultariam em expectativas negativas sobre o futuro da economia argentina, e esta mesma paridade reduzia as possibilidades de ação do governo.

Segundo o autor, o padrão de consumo e investimento nacionais resultou na realimentação da degradação da economia argentina no final da década de noventa, pois o consumo teve de ser reduzido quando não se verificaram as expectativas positivas sobre ganhos de produtividade da economia e aumento da demanda internacional, que sustentariam as exportações, resultando “na bancarrota do Estado, depressão da atividade (com conseqüências sociais graves), profunda perturbação financeira e ruptura do regime monetário ...” (Heymann, 2006).

Heymann (2006) ainda afirma que a crise argentina piorou as condições sociais e o nível de pobreza, aumentou a percepção de incerteza prejudicando projetos e atividades de longo prazo,

havendo também o problema dos ajustes de contratos, prejudicando setores como o de infraestrutura.

Contudo, desde 2002 a economia argentina apresentou forte ritmo de crescimento, auxiliada pela depreciação da moeda e renegociação da dívida, alcançando o nível de atividade econômica pré-crise, embora a crise de 1998-2002 ainda tenha reflexos fortes sobre o país e o setor elétrico.

## **2.2. Configuração e Formação Atual dos Setores Elétricos Nacionais**

Com a crise energética no Brasil e a crise econômica argentina os setores elétricos de ambos os países sofreram alterações importantes, inclusive com a introdução de novos agentes. Contudo, é preciso diferenciar as mudanças implantadas, que tiveram grandes diferenças em sua extensão, forma de aplicação e resultados.

### **2.2.1. O Setor Elétrico Argentino**

Antes do abandono do regime de conversibilidade o governo argentino procurou implantar outras medidas econômicas, como medidas de controle fiscal, e também medidas tímidas de estímulo à exportação. Finalmente, a paridade peso argentino – dólar americano foi abandonada em 2002 frente ao fracasso das medidas implantadas até então (Heymann, 2006; Wydler, 2009).

O fim da paridade acarretaria diversos problemas para a economia argentina, já que diversas operações financeiras, depósitos bancários e mesmo contratos estavam estabelecidos na denominação americana. Assim, o governo argentino estabeleceu um regime de cambio dual e determinou a conversão de empréstimos e depósitos bancários a diferentes taxas e sem negociação, com significativa oposição pública (Heymann, 2006). Finalmente, restou a questão dos contratos, que podiam estar estabelecidos em dólares e mesmo indexados a indicadores norte-americanos (e a maioria das companhias privatizadas na década de noventa possuíam contratos em dólares (Pollitt, 2008)). O governo atuou sobre aqueles contratos relacionados a pessoas

físicas, como aluguéis ou tarifas residenciais de eletricidade, pesificando também o preço do gás natural, inclusive para a geração elétrica. As tarifas foram congeladas em fevereiro de 2002, enquanto as dívidas das companhias do setor elétrico mantiveram sua denominação, o que segundo Pollitt (2008) e Haselip e Potter (2010) resultou em prejuízos significativos e calotes em dívidas externas destas companhias, havendo inclusive a saída de companhias do país (como é o caso da francesa EDF). Haselip e Potter (2010) indicam que até 2009 o processo de renegociação dos contratos de prestação de serviços públicos iniciado em 2002 estava há mais de 6 anos parado na terceira fase, de discussão entre governo e executivos. Contudo, segundo a comunicação do organismo responsável pela renegociação de contratos, em novembro de 2010 nenhum contrato com companhias dos setores elétrico ou energético estava em negociação, havendo ademais somente dois contratos renegociados (com empresas de transporte de gás natural) que ainda estavam em trâmite (UNIREN, 2010).

Haselip e Potter (2010) apresentam uma revisão das medidas adotadas pelo governo argentino para o setor elétrico após a crise econômica de 2002. Além de iniciar a renegociação de contratos o governo implantou o Programa para o Uso Racional da Energia Elétrica (PUREE), o *Fondo para Inversiones Necesarias que Permitan Incrementar la Oferta de Energia Eléctrica en el Mercado Eléctrico Mayorista* (FONINVEMEM) e criou a empresa *Energía Argentina S.A.* (ENARSA). Enquanto o primeiro estabelece incentivos para pequenos consumidores e penalidades para grandes consumidores para ambos reduzirem seu consumo, o FONINVEMEM procurou realizar a construção de duas usinas termoelétricas a gás natural de ciclo combinado, de pouco mais de 800 MW de potência cada e finalizadas em 2010 (CAMMESA, 2009; CAMMESA, 2010; SEN, 2011a)

O programa foi implantado em acordo com geradores que se comprometeram a destinar parte de suas receitas dos anos entre 2004 e 2006 para o fundo e também a contribuir para este com créditos devidos pela CAMMESA, a companhia administradora do mercado, contra um aumento das tarifas e a eliminação de restrições no mercado de energia elétrica a partir de 2007, já que as tarifas estavam congeladas desde 2002, com somente aumentos localizados (Nagayama e Kashiwagi, 2007). Contudo, Navajas (2011) indica que houve somente um descongelamento parcial das tarifas no período 2008-2011, e efetivamente a revisão tarifária das distribuidoras

Edenor, Edesur e Edelap foi postergada até 2009, tendo havido também revisões tarifárias em outras províncias (SEN, 2008a; SEN, 2008b; SEN, 2008c).

O governo argentino também implantou o programa Energía Plus em 2006, para estimular a entrada de empreendimentos de geração novos ou isolados no sistema interconectado argentino e obrigar grandes consumidores de energia a contratarem o excesso de demanda sobre o ano base de 2005 no quadro do programa, aumentando a remuneração dos geradores argentinos (SEN, 2006; Albisu, 2011).

Além disto, a companhia ENARSA licitou em 2007 a construção de 5 usinas termoelétricas totalizando entre 1420 e 1690 MW de potência, além de licitar em 2011 a construção de outra usina totalizando 810 MW, um projeto de geração distribuída e também o fechamento do ciclo de termoelétricas a gás natural (ENARSA, 2009; ENARSA, 2011).

Finalmente, no final de 2010 o governo argentino firmou o “Acordo para a Gestão e Operação de Projetos, Aumento da Disponibilidade de Geração Térmica e Adaptação da Remuneração da Geração 2008-2011”, similar ao programa FONINVEMEM (SEN, 2011b). Como neste último, as dívidas da CAMMESA para com os geradores participantes serão utilizadas para financiar a construção de duas usinas termoelétricas, conjuntamente com o encargo sobre a energia comercializada no MEM e criado originalmente para o FONINVEMEM. Em contrapartida o governo aumentará a remuneração dos geradores através do aumento da remuneração por capacidade e dos custos de operação e manutenção.

Assim, as medidas implantadas pelo governo argentino desde 2002 visando à estabilidade do setor elétrico, a expansão do parque gerador e a eficiência energética compreendem:

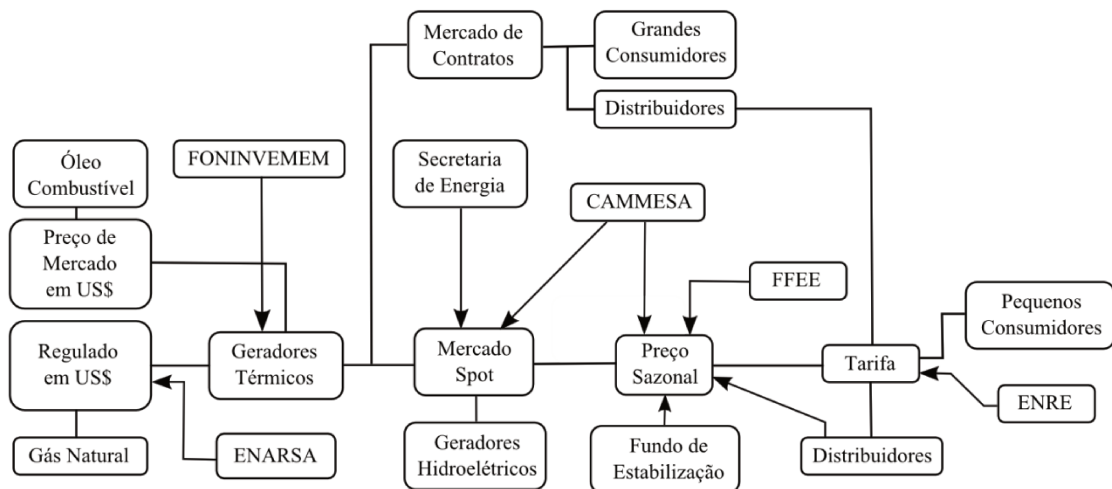
- Renegociação de contratos
- FONINVEMEM
- Contratação de geração convencional pela ENARSA
- Programa GENREN
- Programa Energía Plus

- Acordo 2008-2011

O programa GENREN é descrito na seção 2.3.2 em maiores detalhes, já que lida com a promoção da geração a partir de fontes renováveis de energia, mas já se pode visualizar em linhas gerais a atuação do governo argentino sobre o setor elétrico após a crise econômica de 1998-2002. De fato, como indicam Haselip e Potter (2010) e Recalde (2011), as medidas adotadas não constituem uma política coesa para o setor elétrico, apontando para a ausência de um planejamento energético adequado que possa lidar com os sérios problemas que o setor tem enfrentado já há quase dez anos. Haselip e Potter (2010) ressaltam a falta de espaço de atuação do governo, que não assume uma posição mais nacionalista através da estatização das companhias do setor, mas também diverge da política dos anos noventa, resultando:

“em um compromisso e um processo em última análise incoerente envolvendo o uso de fundos públicos para subsidiar elementos deficitários do mercado privatizado, removendo incentivos competitivos e de custo e a lógica subjacente da privatização – em outras palavras, selecionando o pior dos dois mundos.”

O autor também ressalta o papel que o congelamento das tarifas tem sobre esta situação, e os efeitos negativos que um possível descongelamento teria. Contudo, como indicado o governo argentino tem realizado aumentos parciais das tarifas procurando aumentar a lucratividade da geração, embora somente através de programas pontuais acordados com o setor. Deste modo, mantém-se a “mentalidade de crise” do governo argentino mesmo com a recuperação econômica (Recalde, 2011), tendo como resultado gastos financeiros para o governo, ausência de investimentos privados autosustentáveis e a perpetuação da dívida da CAMMESA para com os geradores, mantendo a mesma estrutura do setor herdada da década de noventa, e apresentada na Figura 1, baseada em Nagayama e Kashiwagi (2007).



**Figura 1: Configuração do Sistema Elétrico Argentino (Nagayama e Kashiwagi, 2007)**

Finalmente, a este quadro pode-se adicionar as dificuldades do sistema elétrico argentino em obter um abastecimento adequado em gás natural nas épocas de maior demanda, o que Recalde (2011) atribui à falta de coordenação entre os setores elétrico e de gás decorrente da nova regulação dos anos noventa que abandonou o planejamento energético, embora Kozulj (2010) ressalte a focalização da geração termoelétrica nesta época em detrimento de outras fontes de energia ou de ganhos de eficiência energética, a estratégia de empresas do setor (que não reinvestem suas receitas no país) e o descompasso entre custos e tarifas.

Embora Pollitt (2008) tenha uma visão claramente positiva da reforma do setor elétrico argentino dos anos noventa, Bouille, Dubrovsky e Crescencia (2001) fornecem um contraponto, indicando que muitos ganhos observados no setor não foram transmitidos aos pequenos usuários, que possuíam uma percepção negativa sobre muitos pontos da reforma.

Contudo, uma análise crítica da reforma dos anos noventa deve analisar a política econômica geral do governo. Como visto esta era insustentável e inflexível, impedindo ao governo argentino realizar uma reorientação que pudesse lidar com as restrições do balanço de pagamentos e as finanças públicas, situação que só se evidenciou tardiamente devido aos ingressos temporários decorrentes do processo de privatização (que simultaneamente permitiu um crescimento econômico através do aumento insustentável dos gastos públicos). De fato, ao longo

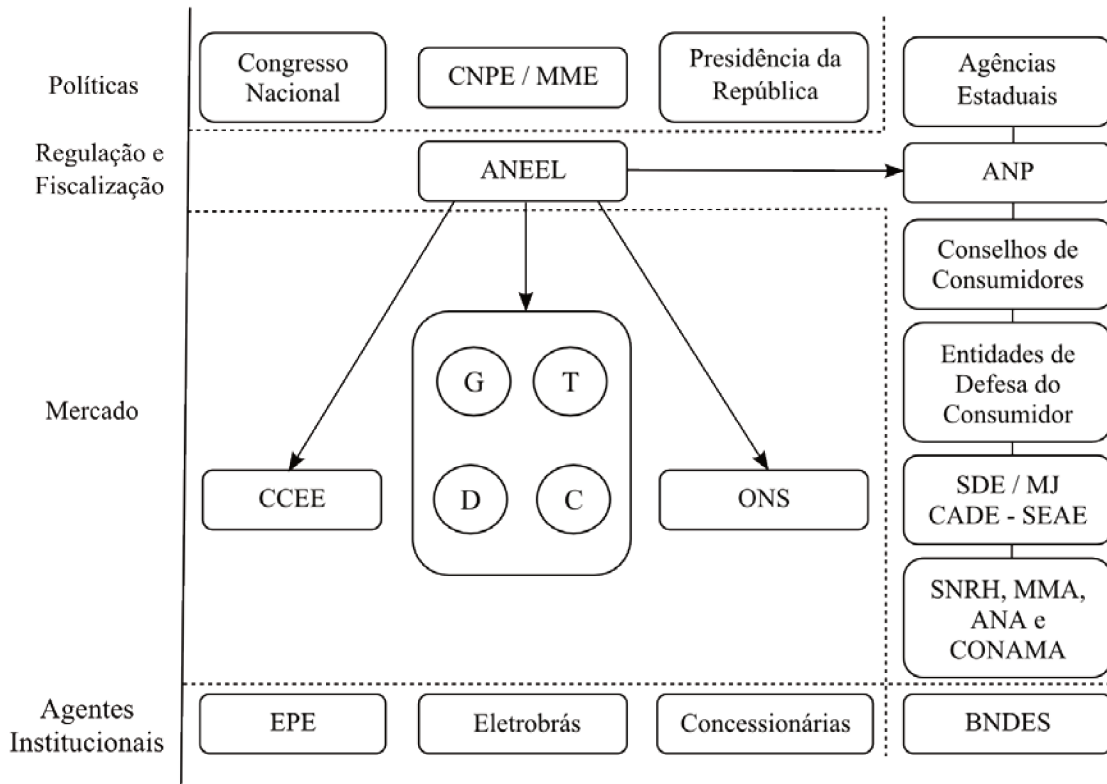
da década de noventa indicadores sociais como a taxa de desemprego apresentaram deterioração mesmo em uma situação de crescimento, e uma analogia pode ser feita para o setor elétrico.

Em última análise a crise do setor na década de 2000 é decorrente de fatores externos (a crise econômica), mas a nova configuração do setor (preponderância de agentes privados, dependência do gás natural, dolarização de tarifas e contratos) se revelou inadequada para lidar com o novo quadro econômico. A nova administração argentina também se revelou incapaz de lidar sistemicamente com a situação, aplicando medidas reativas em vez de implantar reformas que pudessem lidar em longo prazo com os problemas do setor e garantir a oferta de gás natural, a expansão e diversificação da matriz de geração, um equilíbrio entre a modicidade tarifária e a remuneração adequada das empresas do setor, e que finalmente atuassem no lado da demanda.

### **2.2.2. O Setor Elétrico Brasileiro**

Após a crise energética de 2001 e a mudança de governo em 2003 foi implantado um novo modelo para o setor elétrico, que realizou mudanças importantes, especialmente no que tange a forma de expansão das capacidades de geração e transmissão. Enquanto que a agência reguladora brasileira (a ANEEL) e o operador independente do sistema (o ONS) criados na reforma da década de noventa foram mantidos, o Mercado Atacadista de Energia (MAE) deixou de existir, sendo substituído pela Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE), cujas funções foram alteradas. Foi também criada a Empresa de Pesquisa Energética (EPE) vinculada ao Ministério de Minas e Energia (MME) e que auxilia este no planejamento energético integrado brasileiro.

Foi criado também o Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico, coordenado pelo MME brasileiro e com participação das instituições do setor, objetivando “analisar a continuidade e a qualidade de suprimento num horizonte de cinco anos e propor medidas preventivas de mínimo custo para restaurar as condições adequadas de atendimento” (MME, 2003). A Figura 2 apresenta a organização do setor elétrico brasileiro (ANEEL, 2008).



**Figura 2: Configuração do Sistema Elétrico Brasileiro (ANEEL, 2008)**

Assim, a expansão do sistema elétrico brasileiro é realizada por empresas privadas, públicas ou de capital misto, sendo o mercado dividido entre consumidores cativos, atendidos pelas distribuidoras de energia elétrica atuantes no ambiente de contratação regulada (ACR), e consumidores livres, atuantes no ambiente de contratação livre (ACL). A expansão do sistema é planejada pela EPE/MME, e a operação pelo ONS sob orientação do congresso nacional, do Conselho Nacional de Política Energética e do ramo executivo do governo, sendo a ANEEL a principal responsável pela fiscalização e regulação do setor, delegando diversas funções a outros órgãos. A CCEE é responsável pela administração financeira do mercado e condução dos leilões (por delegação da ANEEL), e o ONS pela operação do sistema.

A restrição das distribuidoras aos leilões de energia e a partição dos contratos de geração entre distribuidoras participantes procura evitar o *self-dealing*, garantindo ao mesmo tempo o atendimento da demanda futura. Esta última característica é reforçada pelo planejamento



energético determinativo do governo para a transmissão (ponto herdado da reforma anterior) e orientativo para a geração. Embora a competição entre tecnologias nos leilões de novos empreendimentos limite a capacidade do governo de determinar a matriz elétrica, este possui grande poder neste ponto por poder limitar quais fontes podem participar de cada leilão, poder que tem exercido nos leilões dos últimos anos (MME, 2003; Leite, 2007; CCEE, 2011).

Devido à diversidade de agentes no setor é necessária grande coordenação entre todos os órgãos envolvidos, já que estes podem ter responsabilidades comuns. Por exemplo, embora a EPE seja responsável pelo planejamento energético a política energética está subordinada a outros órgãos, e a elaboração dos planos requer a participação de outros agentes como o ONS. Também para a condução dos leilões é necessária a coordenação entre a ANEEL, MME, EPE, ONS e CCEE, combinando assim as principais instituições governamentais.

## **2.3. Desenvolvimento da Geração Eólicoelétrica**

### **2.3.1. Motivação**

As crises dos setores elétricos brasileiro e argentino motivaram nestes países a introdução de reformas, com diferentes resultados. Enquanto o modelo argentino segue sendo criticado pela falta de uma solução de longo prazo que atenda a demanda assegurando simultaneamente a modicidade tarifária, a percepção dos resultados do novo modelo brasileiro é em geral mais positiva quanto à adequabilidade da remuneração para os agentes do setor e à garantia de atendimento da demanda, embora críticas sejam realizadas, e.g. com relação aos sinais de longo prazo do governo para determinadas tecnologias de geração, à alta carga tributária e de encargos que afeta o preço final da eletricidade, ao papel pouco expressivo exercido pela eficiência energética e à inadequação do preço de liquidação de diferenças (utilizado nas liquidações *spot* (a vista)) como sinal de preço para o mercado, devido ao método de sua formação.

Por outro lado, para fazer frente às crises energéticas (e também devido à atuação de pioneiros favoráveis às fontes renováveis de energia) em ambos os países também foram introduzidos programas para promover a geração a partir de tecnologias que utilizem fontes renováveis de energia, incluindo a energia eólica, onde novamente as diferenças são marcantes, assim como os resultados. O potencial eólico brasileiro é estimado em mais de 143 GW, podendo crescer significativamente com a realização de estudos que considerem a tecnologia atual, enquanto que na Argentina este potencial é ainda maior, podendo abastecer várias vezes a demanda por energia elétrica da América Latina (GWEC, 2011; Jannuzzi et al., 2010).

Na Argentina mesmo antes da crise estabeleceu-se um mecanismo de incentivo para as fontes eólica e solar através de tarifas especiais (*feed-in tariffs*), a postergação do pagamento de imposto sobre o valor agregado para investimentos em instalações e serviços e a estabilidade fiscal. Contudo, a legislação teve pouco efeito sobre a instalação de novos empreendimentos, já que no mesmo ano começaria a crise econômica argentina que resultaria no abandono da paridade cambial (entre 1998 e 2005 foram instalados somente 6 parques eólicos, para uma capacidade instalada de 16,11 MW (García, 2006)).

### **2.3.2. Programas de Incentivo**

A primeira legislação de maior consequência para a energia eólica na Argentina veio em 2006 pela lei 26.190, que determina que até 2016 as fontes renováveis alternativas de energia (incluindo pequenas hidroelétricas) devem ter uma participação de 8% na matriz elétrica. O poder executivo também “deve elaborar um “Programa Federal para o Desenvolvimento das Energias Renováveis”, incentivar o desenvolvimento de tecnologias e equipamentos, celebrar acordos de cooperação, formar recursos humanos e promover a aceitação da sociedade” (Jannuzzi et al., 2010).

Embora estabeleça um objetivo concreto, a lei só foi regulamentada três anos depois, em 2009, pelo decreto nº 562. Atualmente o único resultado concreto desta regulamentação é o programa GENREN lançado em 2009, que consistiu em uma licitação pública para a contratação de empreendimentos de geração a partir de nove tecnologias que utilizem fontes renováveis. Apesar dos atrasos no anúncio dos empreendimentos selecionados na licitação do final de 2009 o programa foi considerado um sucesso para a geração eólicoelétrica pela seleção de 17 projetos

correspondendo a 754 MW em capacidade instalada (para um total de 1182 MW ofertados), acima dos 500 MW objetivados inicialmente, com preço entre 121 e 134 US\$/MWh (um preço médio ponderado de 126,9 US\$/MWh) (SEN, 2010). Uma segunda etapa de apresentação de propostas (denominada GENREN II) para a construção de parques totalizando 200 MW ocorreu em 2010, correspondendo assim a 954 MW de potência instalada contratada (ENARSA, 2010).

Os contratos do GENREN são estabelecidos entre o gerador e a ENARSA em dólares por um período de 15 anos, com pagamentos realizados em pesos argentinos, sem qualquer indexação. Toda energia gerada é remunerada até um limite horário de geração, sem penalidades para uma geração abaixo da contratada, e o cálculo utilizado para a seleção de empreendimentos favoreceu aqueles que possuíam uma entrada em operação mais rápida.

A resolução 220/2007 da Secretaria de Energia da Argentina permite que a CAMMESA firme contratos de abastecimento com geradores, remunerando o investidor segundo os custos fixos e variáveis, exigindo contudo a participação do Estado no projeto eólico. Soares, Kind e Fernández (2009) afirmaram antes do programa GENREN que a resolução era “a única normativa aplicável ao investimento em geração eólica na Argentina”.

Existem na Argentina alguns projetos para a implantação de parques eólicos fora do quadro do programa GENREN. É o caso do programa Vientos de la Patagonia, que em sua primeira fase promoveu a instalação de dois aerogeradores das empresas IMPSA e NRG Patagonia, como teste dos modelos e para sua homologação, almejando para a segunda fase a expansão do parque eólico para um potência de 60 MW (ENARSA, 2011). A IMPSA implantou o parque eólico Arauco na província da Rioja, com 25,2 MW, e além de alguns pequenos empreendimentos existem projetos para parques eólicos de grande porte (centenas de MW), mas ainda não há sinais de que estes se concretizarão (Jannuzzi et al., 2010).

Já em 2001 o Brasil implantou um programa de incentivo à energia eólica, o Programa Emergencial de Energia Eólica (Proeólica), com remuneração para os projetos eolioelétricos que iniciassem a operação até o final de 2002, mas o programa não resultou na instalação de novos empreendimentos. Assim tanto no Brasil quanto na Argentina foi mal-sucedida a primeira tentativa de fomento à geração eolioelétrica, embora da Silva, Rosa e Araújo (2005) aleguem que

o programa contribuiu através da entrada no país de companhias estrangeiras envolvidas com fontes renováveis de energia.

O primeiro programa bem sucedido em desenvolver a geração eólicoelétrica no Brasil foi o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA), instituído em 2002 e modificado após a posse do novo governo em 2003. O PROINFA visou à contratação de 3300 MW de potência divididos igualmente entre as tecnologias de geração termoelétrica movida a biomassa, eólicoelétrica e pequena hidroelétrica (até 30 MW). Os contratos, de 20 anos de duração foram celebrados com a Eletrobrás, sendo toda eletricidade gerada pelos empreendimentos contratados remunerada a uma tarifa fixa e indexada ao IGP-M. Em março de 2004 segundo a portaria nº 45/2004 do MME o valor pago para a geração eólicoelétrica era entre 180,18 e 204,35 R\$/MWh (variando em função do fator de capacidade do projeto), o que equivale a uma faixa entre 276,67 e 313,78 R\$/MWh em junho de 2011.

Os empreendimentos foram selecionados de acordo com a antigüidade da licença ambiental de instalação, e devido à insuficiência de propostas para a biomassa foram ultimamente contratados 1423 MW em empreendimentos eólicoelétricos, segundo a Eletrobrás (2005), dos quais se requereu um índice de nacionalização dos equipamentos de 60%.

A crítica mais usual do PROINFA são os atrasos verificados nos empreendimentos contratados. De fato, segundo a ANEEL (2011) até junho de 2011 13 empreendimentos totalizando 464,1 MW estavam em construção, com entrada em operação prevista para 2011. No período de 2006 a 2010 900 MW de projetos eólicos entraram em operação (principalmente no final do período), mas o PROINFA inicialmente deveria terminar em 2006, quando apenas cinco parques eólicos estavam operando. Assim, foram requeridos sucessivos adiamentos, o último dado pela lei nº 12.431/2011, que estabelece 31 de dezembro de 2011 como prazo final.

Mais recentemente o governo brasileiro tem adotado leilões de energia para a contratação de empreendimentos de geração eólicoelétrica, leilões que são o principal mecanismo de expansão da capacidade instalada brasileira desde a reforma da década de 2000. Até setembro de 2011 haviam sido realizados cinco leilões com participação da fonte eólica.

O primeiro foi o 2º Leilão de Energia de Reserva realizado em dezembro de 2009, com a participação exclusiva da fonte eólica, sendo contratados 1805,7 MW de potência. Em agosto do

ano seguinte foram realizados o 3º Leilão de Energia de Reserva e o 2º Leilão de Fontes Alternativas, onde a geração eólicoelétrica competiu com a fonte biomássica e pequenas hidroelétricas, sendo contratados 528,2 e 1519,6 MW em empreendimentos eólicoelétricos, respectivamente. Nestes três leilões o preço médio ponderado foi de 148,39, 122,69 e 134,23 R\$/MWh, porém é preciso notar que estes leilões ocorreram em meses diferentes e que estes valores são indexados ao IPCA. Assim, os valores mencionados indexados para junho de 2011 (inclusive) são de 162,02, 130,27 e 142,52 R\$/MWh. Fatores externos indicados como contribuintes para os baixos lances dos leilões são os baixos preços dos aerogeradores chineses e indianos e a oferta mundial excedente de aerogeradores, resultante da recessão econômica que afetou o desenvolvimento da energia eólicoelétrica em regiões tradicionais como Europa e Estados Unidos. Embora esta tendência possa se alterar no futuro, em agosto de 2011 foram realizados um Leilão de Energia de Reserva e outro de Energia Nova, ambos com a participação da fonte eólica. De fato, no primeiro foram contratados 861,1 MW eólicos a um preço médio ponderado de 99,54 R\$/MWh, e no segundo 1067,7 MW a 99,58 R\$/MWh. Estes preços foram inferiores às outras fontes, inclusive à hidráulica, e apesar de indicações de agentes que alcançariam efetivamente este patamar o resultado impressionou analistas, na primeira participação da fonte eólica em um Leilão de Energia Nova.

A evolução segue portanto um processo de aumento da competição da fonte eólica com outras fontes, passando de leilões exclusivos até a competição com fontes convencionais. Esta estratégia se insere em um contexto de busca de redução dos preços acordados em leilões para estas fontes, mas é influenciada também pela procura do governo de limitar a participação de empreendimentos que utilizem combustíveis fósseis, especialmente aqueles mais emissores de gases de efeito estufa.

De fato, como indica Martins (2008) nos leilões de energia nova de 2007 (4º e 5º) houve domínio das fontes fósseis mais emissoras, e.g. no 4º leilão de energia nova onde foram selecionadas somente termoeletricas a óleo combustível. Isto motivou o governo a favorecer outras tecnologias de geração, o que é evidenciado no Plano Decenal de Expansão de Energia 2020, onde não são planejadas termoeletricas convencionais além daquelas já contratadas, embora a participação do gás natural nos leilões de 2011 possa alterar este planejamento (EPE e

MME, 2011). O governo ainda implantou para os leilões que envolvam fontes alternativas o mecanismo de Instalações Compartilhadas de Geração (ICGs), onde projetos vencedores podem compartilhar os custos de construção e operação de linhas de transmissão e subestações que permitam a conexão à rede básica e de distribuição.

Existe também a possibilidade de consumidores cativos se tornarem consumidores livres, desde que comprem majoritariamente energia a partir de fontes incentivadas (solar, eólica e biomassa e hidrelétricas até determinada potência). Assim um consumidor ou conjunto de consumidores de carga maior que 500 kW pode participar do mercado livre, que normalmente é restrito a consumidores com carga maior que 3 MW, sendo então denominados de consumidores especiais. A lei nº 9427/1996 estabelece também um desconto nas tarifas de uso dos sistemas de transmissão e distribuição (TUST e TUSD) de no mínimo 50% para certas fontes de até 30 MW (entre elas a eólica), o que auxilia na atratividade das fontes para os consumidores especiais.

#### **2.4. Outros Incentivos à Geração**

Além da promoção de parques eólicos ambos os governos implantaram incentivos fiscais para a energia eólica. Além das outras determinações mencionadas, a lei argentina 26.190/2006 para as fontes renováveis permite uma amortização acelerada dos investimentos, retira os bens de capital e realização das obras para a geração a partir de fontes renováveis da base de cálculo do imposto de renda e os isenta do imposto de valor agregado, favorecendo a utilização de equipamentos nacionais, mas permitindo a utilização de equipamentos importados.

No Brasil um dos mecanismos de incentivo fiscal utilizados é o enquadramento de projetos de geração e transmissão de eletricidade no Regime Especial de Incentivos para o Desenvolvimento da Infraestrutura (REIDI), que isenta estes da contribuição do PIS/PASEP e da COFINS para compra e importação de equipamentos e serviços para obras de infraestrutura (excluindo terrenos e mão-de-obra), conforme a lei nº 11.488/2007. Segundo listagem do MME

dezenas de usinas eólicas haviam sido enquadradas no regime desde 2008, especialmente a partir de 2010 (MME, 2011).

Os aerogeradores e torres eólicas são isentos do ICMS até pelo menos o final de 2013, desde que sejam isentos também do Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI), ou que sua alíquota seja zero, conforme o convênio ICMS 101/97. Como a partir de 2009 a alíquota do IPI para aerogeradores e componentes de aerogeradores no Brasil foi reduzida a zero sua produção atualmente está isenta tanto do ICMS como do IPI. Adicionalmente, o imposto de importação para os aerogeradores é nulo, já que a tarifa externa comum para estes é atualmente zero.

## **2.5. Programas de Apoio**

Para a implantação de parques eólicos são necessárias, além do fornecimento de equipamentos e mecanismos de incentivo, a disponibilidade e adequabilidade de diversos serviços, como o conhecimento suficiente dos ventos nas localidades de interesse e a capacidade de desenvolvimento de projetos, sob os pontos de vista técnico, legal, econômico e financeiro. Em muitos destes pontos não existiram historicamente iniciativas governamentais, já que muitas vezes considera-se que este papel recai sobre o setor privado. Contudo, em alguns pontos os governos brasileiro e argentino atuaram para o desenvolvimento da geração eólica através de instituições que controlam.

Este é o caso dos atlas eólicos, muitas vezes desenvolvidos com o apoio dos governos federais, estaduais ou provinciais. O Atlas do Potencial Eólico Brasileiro foi publicado em 2001, sendo desenvolvido dentro da estrutura da Eletrobrás, empresa de capital misto sob controle estatal, enquanto o Sistema de Informação Geográfico Eólico argentino foi publicado em 2006. Alguns estados já haviam publicado atlas eólicos, como o Ceará e a província de Rio Negro, cujo atlas se tornaram disponíveis em 2001 e 2006, respectivamente.

## 2.6. Desenvolvimento da Indústria

Atualmente tanto a Argentina quanto o Brasil possuem uma indústria de aerogeradores estabelecida. No Brasil, a primeira indústria que se estabeleceu foi a empresa nacional TECSIS, em 1995, produtora de pás de aerogeradores e cujo principal mercado é o de exportação, sendo um dos principais produtores mundiais e tendo a GE energy como principal cliente. Em 1998 a Wobben Windpower, subsidiária da alemã Enercon, se estabeleceu na mesma cidade da TECSIS, Sorocaba (SP). Visando também inicialmente a exportação, a companhia ampliou seus negócios em 2002 com uma fábrica em Pecém (CE) para a produção de bases de aerogeradores e pás e posteriormente de torres de concreto.

Na década de 2000 a empresa argentina IMPSA, tradicionalmente envolvida com a geração hidroelétrica, ingressou no segmento de fabricação de aerogeradores. A companhia inicialmente produziu os aerogeradores sob licença da companhia alemã Vensys, delegando a fabricação de componentes como pás e torres para outras empresas, mas atualmente a companhia possui tecnologia própria, fabricando também os componentes auxiliares mencionados. Interessantemente, a companhia está presente no Brasil e na Argentina, com as unidades de produção de Suape (em Pernambuco) e Mendoza, respectivamente.

Além dos fabricantes de aerogeradores as indústrias eólicas brasileira e argentina exigem a fabricação de diversos componentes auxiliares, como pás e torres. Diversos fabricantes estrangeiros de turbinas anunciaram nos últimos anos sua instalação no Brasil para fabricação ou montagem de aerogeradores. Atualmente Wobben, IMPSA, Gamesa e Alstom produzem o principal componente (gerador) no Brasil, e Gestamp (da Espanha) e GE (dos Estados Unidos) iniciaram a produção local de componentes, entre outras companhias (Bezutti, 2011).

Na Argentina, além de alguns fabricantes de componentes, conforme indicam Jannuzzi et al. (2010), a NRG Patagonia compete com a IMPSA na fabricação de aerogeradores, utilizando, sob licença, tecnologia de pás da empresa alemã Euros (Main(e), 2010). Já a empresa INVAP está entrando no mercado eólico argentino, mas somente com aerogeradores de pequeno porte (com um modelo de 4,5 kW).



Jannuzzi et al. (2010) analisaram diversas empresas atuantes no Brasil e na Argentina prestadoras de serviços para o desenvolvimento de parques eólicos. Como indicado, ambos os países possuem um nível adequado de instituições para a energia eólica, embora na Argentina a pesquisa para a tecnologia se deva principalmente à ação da empresa IMPSA.

## **2.7. Conclusão do Capítulo: Estado Atual**

Através da exposição deste capítulo pode-se perceber que tanto os setores elétricos como eólicos de Argentina e Brasil passaram por etapas semelhantes, embora o quadro socioeconômico no início do milênio, as medidas adotadas na última década nos dois países (mais holísticas no Brasil) e suas conseqüências possam sugerir um estado atual muito dissimilar para a economia e o setor elétrico.

Por outro lado, o desenvolvimento da geração eolielétrica nos dois países é tardio se comparado a outros, e mostrou-se que os setores elétricos de ambos passaram por transformações profundas a partir da década de noventa, transformações que foram motivadas pela necessidade de mudança e que influenciaram diretamente a expansão do sistema, seja prejudicando esta, seja favorecendo determinadas fontes energéticas, como o gás natural na Argentina, em detrimento da energia eólica.

Paralelos da cronologia também podem ser feitos para o setor eólico, em parte devido à influência que programas nacionais bem sucedidos em um país têm sobre a política governamental do país vizinho, esclarecendo deste modo a defasagem temporal, embora esta não possa ser explicada somente por esta interação.

Assim, embora a Argentina apresente um menor desenvolvimento da geração eolielétrica há uma clara semelhança entre o programa GENREN e o PROINFA. Contudo, a avaliação dos sucessos e fracassos deste último só pôde ser feita retroativamente, e se o GENREN foi nele inspirado os resultados não necessariamente serão iguais. Semelhanças no quadro atual não permitem inferir um desenvolvimento futuro do setor eólico argentino nas mesmas linhas do

desenvolvimento recente brasileiro, e este último não está livre de entraves, como todo setor econômico. Deste modo, é necessário estudar os entraves atuais e que possivelmente surgirão no futuro, únicos a cada país, para inferir os caminhos possíveis dos setores eólicos e as possíveis soluções para estes entraves.

## 3 Métodos Multicritério

### 3.1. Propósito dos Métodos Multicritério

O termo de método multicritério de apoio à decisão designa um conjunto diverso e heterogêneo de processos desenvolvidos para auxiliar um ou mais decisores a realizar a tomada de decisão frente a um quadro complexo com mais de um critério de avaliação. O próprio termo tem variações, sendo atualmente mais comumente designado em inglês de *Multiplecriteria Decision Analysis* (MCDA).

A tomada de decisão é uma ação necessária em todos os campos da atividade humana. De fato, qualquer ator é confrontado com a necessidade de decidir sobre sua posição seja na esfera econômica, seja na esfera social, sendo todos os agentes decisores, já que têm ao menos poder de decisão sobre suas próprias ações.

Løken (2007) indica que MMAD “é um termo genérico para ajudar decisores de acordo com seus sistemas de valores, em casos onde há mais de um critério conflitante”, enquanto para Tsoukiàs (2008) o apoio à decisão é caracterizado pelo uso de uma linguagem abstrata e formal para que indivíduos e organizações possam lidar com problemas. Assim, embora a definição de MMAD possa variar, a existência de um ou mais decisores confrontados a um problema é a razão de ser destes métodos.

Para cada problema existe uma diversidade de agentes, desde indivíduos até empresas e instituições governamentais, com formas de interação complexas e diversas, de ordem social ou econômica. Pode existir vários decisores, cada qual com diferentes sistemas de valores (critérios) e incapaz de analisar o problema distinguindo todas suas características, como agentes, formas de interação, critérios (conflitantes) e ações potenciais, nem de decidir sem a influência de suas emoções.

O resultado pretendido com a aplicação de um MMAD varia de acordo com os objetivos dos decisores e analistas. No presente estudo a condução do método de análise hierárquica para o

detalhamento e hierarquização das barreiras à geração eólioeleétrica e para a identificação da posição de especialistas dos setores eólicos brasileiro e argentino indica o foco na energia eólica e o interesse em promover seu desenvolvimento nos dois países.

Assim, o foco central do estudo não é a tomada de decisão, mas a utilização das vantagens do AHP para o estudo e detalhamento do problema. A compreensão do desenvolvimento histórico dos MMADs e da origem destes (as necessidades da tomada de decisão frente a problemas reais) assim como da teoria dos MMADs e do AHP em particular é importante para a correta aplicação deste último e para a validação dos resultados (como a hierarquia de barreiras segundo cada especialista).

### **3.2. Breve Desenvolvimento Histórico**

Métodos para a tomada de decisão têm origem no desenvolvimento da pesquisa operacional a partir da década de 1940 e em sua utilização para fins militares e sua subsequente aplicação em atividades civis, com importantes contribuições realizadas nas décadas seguintes para contextualizar a pesquisa operacional frente às limitações de uma modelagem perfeita e racional do mundo real (Tsoukiàs, 2008).

Figueira, Greco e Ehrgott (2005a) detalham as contribuições de diversos campos científicos e teorias para o desenvolvimento de MMADs (e.g. teoria da utilidade, teoria dos jogos, lógica, psicologia, os conceitos de dominância e eficiência (ótimo de Pareto)), contribuições que venceram a resistência à utilização exclusiva de um único critério na pesquisa operacional, como indicam Roy e Vanderpooten (1996). Tsoukiàs (2008) indica assim que nas décadas de quarenta e cinquenta Herbert Simon realizaria uma contribuição importante ao criticar premissas da pesquisa operacional (conhecimento completo do problema, decisor perfeitamente racional e recursos ilimitados para a tomada de decisão). Graças a estes desenvolvimentos e devido à necessidade prática de analisar qualitativamente critérios conflitantes surgiria o primeiro método multicritério,

ELECTRE (Eliminação e Escolha Traduzindo a Realidade, *Élimination et Choix Traduisant la Réalité*).

Neste quadro, os conceitos de dominância e solução eficiente substituiriam a solução ótima, e o desenvolvimento histórico pode ser interpretado como a substituição da busca pela otimização de um modelo pela busca de uma solução aceitável dados os sistemas de valores do(s) decisor(es), substituições que são requisitadas pela complexidade e limitações de um problema real. A classificação dos métodos multicritério se daria então pelo modo como os critérios conflitantes são tratados (e possivelmente agregados) (Tsoukiàs, 2008).

Esta evolução contribui atualmente para o estudo das barreiras à geração eólicoelétrica ao permitir a constatação de que mais de uma barreira existe para a tecnologia, e também por ter originado o método AHP que permite ranquear estas barreiras por ordem de importância, segundo a percepção dos especialistas.

### **3.3. Conceitos**

O AHP utiliza alguns conceitos-chaves comuns aos MMADs e necessários para a identificação de barreiras à geração eólicoelétrica. A teoria da decisão define estes conceitos de forma genérica, sendo então mais bem definidos para cada problema, como se realiza para o AHP no capítulo 4.

#### **3.3.1. Problema**

Um problema pode ser visto como um obstáculo para os agentes envolvidos (e não somente para os decisores), uma situação de resistência que requer ações para sua superação. Porém, Roy (2005) indica que o apoio à decisão “ajuda a obter elementos de resposta a questões apresentadas por um ator num processo decisório”. Deste modo, um problema é a situação que possibilita (ou requer) diversas ações potenciais devido a obstáculos ou devido aos sistemas de valores dos agentes e decisores.

Esta definição permite a formulação de um problema sem que as ações potenciais sejam necessariamente implantadas (e somente identificadas, por exemplo) e também possibilita que este problema surja da percepção dos envolvidos, o que permite claramente que exista um problema que seria considerado inexistente sob a ótica de outro ator ou decisor com sistemas de valores diferentes. Isto claramente se aplica ao estudo atual, já que não são apresentadas ações potenciais, e ademais parte-se do objetivo de fomentar a geração eólicoelétrica, premissa que não é comum a agentes com diferentes sistemas de valores.

### **3.3.2. Agentes e Decisores**

Enquanto os decisores têm a capacidade final de decidir sobre a implantação de ações potenciais quando auxiliados pela aplicação de um MMAD (e mesmo de decidir pela implementação de outras ações não-preconizadas), os agentes (ou atores, *stakeholders*) envolvidos não possuem tal capacidade, apesar de poderem participar da aplicação do MMAD como parte interessada. Neste estudo de caso os decisores são aqueles que podem indicar quais barreiras são mais importantes para a geração eólicoelétrica. Assim, são chamados de especialistas, pelos resultados não levarem a uma tomada de decisão imediata, e sim à melhor compreensão do quadro desta forma de geração.

### **3.3.3. Formulação do Problema, Ações Potenciais e Critérios**

Os conceitos de critérios, ações potenciais e formulação do problema possibilitam a abstração e formalização de um problema real, que segundo Tsoukiàs (2008) constitui a essência dos métodos multicritério. A compreensão destes conceitos quando aplicados ao AHP e à identificação de barreiras à geração eólicoelétrica permite o entendimento completo do estudo de caso, pois mesmo se este não apresenta ações potenciais ainda são apresentadas soluções para cada uma das barreiras.

#### **3.3.3.1. Formulação do Problema**

A formulação do problema não consiste somente na identificação deste (ou seja, na identificação dos obstáculos ou sistemas de valores dos agentes), mas também na definição do quadro geral em que se desenvolverá o MMAD. Deste modo a formulação do problema pode ser

definida como a etapa prévia à implementação do MMAD, quando ocorre a definição da estrutura geral do método e sua escolha de acordo com o problema, sistemas de valores dos agentes e decisores e percepções de risco. Esta etapa exerce um papel central no estudo de caso para a geração eolielétrica ao delimitar os resultados possíveis deste estudo, permitindo ao mesmo tempo desenvolver uma metodologia factível que produza estes resultados e os valide.

### **3.3.3.2. Ação Potencial**

Roy (2005) indica que ação potencial “usualmente designa aquilo que constitui o objeto de decisão, ou aquilo a que está orientado o apoio à decisão”. O termo de ação potencial é interessante por ressaltar o caráter não-definitivo da ação potencial, já que a teoria da decisão moderna indica que quaisquer ações potenciais identificadas por um MMAD como mais adequadas não são uma preconização, mas apenas uma indicação do meio de ação mais adequado para a resolução do problema real.

Roy (2005) permite mesmo a combinação de diversas ações potenciais, e reserva o termo de alternativa habitualmente considerado equivalente ao conceito de ação potencial para aquelas ações potenciais exclusivas, que impossibilitam uma implementação conjunta com qualquer outra ação potencial. Embora isto possa dificultar a avaliação de um decisor, Roy (2005) indica que ações potenciais não-redundantes são freqüentemente encontradas em problemas reais, e enquanto qualquer MMAD é uma formalização e abstração do problema real, este caráter representa sempre uma escolha entre a utilização de uma modelagem mais representativa e complexa e de uma modelagem mais compreensível e simples, devendo-se escolher o nível aceitável de complexidade.

Uma definição que evita um focus nas ações potenciais (já que o MMAD contribui também pela compreensão dos critérios) é aquela apresentada por Wierzbicki (2010), onde alternativas (termo empregado pelos autores) “são aquelas escolhas que podemos selecionar ou controlar para atingir nossos objetivos”. Esta definição foca a ação, fornecendo um espaço maior para a percepção e análise do problema e dos sistemas de valores dos decisores nos MMADs.

### 3.3.3.3. Critério

Roy (2005) fornece uma definição formal adequada de critério de decisão  $g()$ , que é

“uma ferramenta construída para avaliar e comparar ações potenciais de acordo com um ponto de vista que deve ser (o quanto possível) bem definido. Esta avaliação deve levar em conta, para cada ação  $a$ , todos os efeitos e atributos pertinentes ligados ao ponto de vista considerado. É notada como  $g(a)$  e chamada de performance de acordo com este critério.”

A escolha adequada de critérios de decisão requer atender alguns requisitos lógicos e referentes aos agentes. Os últimos são:

- Inteligibilidade: Cada ator envolvido deve compreender o significado de cada critério de decisão
- Relevância: Cada ator envolvido deve considerar os critérios de decisão relevantes para a avaliação de ações potenciais frente a determinado problema, podendo, porém, haver opiniões diferentes sobre a importância relativa de cada critério de decisão

Contrariamente aos requisitos referentes aos agentes, os requisitos lógicos dizem respeito à exigência da relação e completude dos requisitos somente em relação ao conjunto de critérios (Roy et al., 1993):

- Exaustividade: Para o conjunto completo de critérios não deve haver nunca duas ações potenciais que sejam indiferentes para os decisores (ou seja, deve-se poder diferenciar todas as ações potenciais em relação a pelo menos um critério).
- Coesão: Para uma alteração positiva (ou negativa) na avaliação de uma ação potencial em relação a um critério de decisão, a nova ação potencial deve ser indiferente ou preferida (respectivamente, indiferente ou menos preferida) à ação



potencial original, o mesmo valendo para comparações com outras ações potenciais mantidas intactas.

- Não-redundância: Para um conjunto de critérios de decisão não deve haver um critério redundante (supérfluo) que não agregue uma capacidade de diferenciação de ações potenciais e cuja remoção do conjunto mantenha os outros requisitos indicados.

### **3.3.4. Preferência e Escala de Preferência**

A possibilidade de comparação entre ações potenciais exige a existência de graus em uma escala de preferência classificada pelo autor em três tipos:

- Puramente ordinal
  - Verbal
  - Numérica
- Quantitativa
- Outras

Enquanto na escala puramente ordinal não é possível obter informações adicionais de acordo com as distâncias entre graus de avaliações, na escala quantitativa a distância (ou razão) entre graus de avaliações fornece uma informação adicional da diferença de preferência das ações potenciais segundo o critério de decisão. Guitouni e Martel (1998) detalham as relações de preferência possíveis entre ações potenciais (indiferença, preferência estrita, preferência fraca e incomparabilidade).

### 3.4. Classificação de Métodos

Usualmente os métodos multicritério de apoio à decisão são classificados de acordo com o procedimento de agregação multicritério, que é o procedimento para a avaliação e/ou comparação de ações potenciais e para a agregação destas avaliações. De fato esta classificação pode ser encontrada, por exemplo em Martel (1999), Guitouni e Martel (1998), Zopounidis e Doumpos (2002) e Figueira, Greco e Ehrgott (2005).

Porém, os MMADs apresentam diversas características que podem ser utilizadas para realizar uma classificação. Uma forma de classificação é segundo o grau de compensação possível entre avaliações, ou seja, se é possível em maior ou menor grau compensar uma má avaliação em um ou mais critérios com boas avaliações em outros critérios para uma mesma ação potencial, conforme Guitouni e Martel (1998). Os autores classificam os métodos em compensatório, não-compensatório e parcialmente compensatório, sendo o AHP um método compensatório, onde as avaliações das ações potenciais são ponderadas, podendo avaliações fortes frente a um critério compensar avaliações fracas da mesma ação potencial.

Já Roy (2005) classifica os métodos de acordo com a problemática (formulação do problema), dependendo assim a classificação de cada caso específico. Como neste estudo utiliza-se o AHP para identificar as principais barreiras à geração eólicoelétrica, porém sem ranquear ações potenciais o AHP se enquadra no caso na problemática de descrição, onde apenas se aplica o MMAD sem procurar a recomendação de uma ação potencial.

Finalmente, é possível classificar o MMAD pelo procedimento de agregação multicritério, PAMC (*Multicriteria Aggregation Procedure, MCAP* em inglês). Este último método é a principal forma de classificação de MMADs, tratando da forma como as ações potenciais são ranqueadas de acordo com as avaliações das ações pontenciais. O AHP é um MMAD com PAMC de critério único de síntese, por ponderar as avaliações das ações potenciais pelos pesos da hierarquia de critérios para obter um indicador único final.

### 3.5. MMADs e Planejamento Energético

Os MMADs têm sido aplicados extensivamente em diversas áreas do conhecimento, como, por exemplo, nas finanças, no planejamento público, empresarial, energético, florestal, de redes de telecomunicação e do sistema elétrico, e na elaboração de planos de desenvolvimento sustentável, entre outros (Løken, 2007; Ehgott, Figueira e Greco, 2010; Ehgott et al., 2010; Voropai e Ivanova, 2002). Como indica Løken (2007):

“o planejamento energético é um campo muito apropriado para métodos MMADs porque sujeito a diversas fontes de incerteza, longos horizontes de tempo, e investimentos intensivos em capital, também apresentando múltiplos decisores e vários critérios conflitantes”

Diakoulaki, Antunes e Martins (2005) realizam uma revisão de trabalhos que utilizam métodos multicritério de apoio à decisão e de programação multiobjetivo. Os autores indicam que o método de análise hierárquica é o método do critério único de síntese mais utilizado entre os trabalhos revisados pelos autores, devido à decomposição do problema que o método exige aliada à maior facilidade de manejo por parte dos decisores. Por outro lado os autores também indicam que um método mais demorado de obtenção das preferências dos decisores pode às vezes fornecer uma compreensão melhor do problema, já que o método de análise hierárquica é direto e simples na obtenção das avaliações das ações potenciais e dos pesos dos critérios.

Além de corroborar a utilização freqüente do método de análise hierárquica a revisão realizada por Zhou, Ang e Poh (2006) é também mais abrangente do que a de Diakoulaki, Antunes e Martins (2005). Analisando trabalhos publicados entre 1975 e 2004 principalmente em periódicos científicos, os autores notam o ganho de participação dos periódicos voltados à energia entre os trabalhos que utilizam métodos multicritério, em detrimento dos periódicos voltados à pesquisa operacional, e o crescimento do número de trabalhos que lidam conjuntamente com a parte energética e ambiental, resultado da crescente preocupação e participação do meio ambiente em questões de planejamento, assim como da crescente discussão

sobre as mudanças do clima. Trabalhos que lidam com a eletricidade e fontes de energia renováveis ganharam participação também, principalmente sobre a energia nuclear.

Uma revisão recente de métodos multicritério voltados especificamente à energia renovável é realizada por Wang et al. (2009). Infelizmente os autores não realizam um tratamento dos dados tão detalhado como Zhou, Ang e Poh (2006), elencando somente os critérios, métodos de seleção e agregação de critérios e métodos multicritério analisados. Apesar disto, novamente o método de análise hierárquica tem grande utilização.

Da revisão dos critérios utilizados pelos diversos trabalhos os autores listam muitos critérios técnicos, econômicos, ambientais e sociais, por vezes redundantes (já que são oriundos de diversos trabalhos). Interessantemente, os autores não indicam uma categoria de critérios regulatórios, tendo apenas um trabalho analisado questões legislativas.

Dado o número de trabalhos revisados pelos diversos artigos, é clara a aceitação de métodos multicritério e do AHP para o apoio à decisão nas áreas energéticas e ambiental, devido à complexidade e diversidade de agentes presentes nestas.

### **3.6. Conclusões sobre os Métodos Multicritério**

O desenvolvimento histórico da pesquisa operacional, da teoria da decisão e dos métodos multicritério de apoio à decisão tornam claro o caráter prático dos MMADs, que surgiram da necessidade de se trabalhar com problemas complexos para os quais métodos de otimização com uma função objetivo não eram adequados.

Quanto à aplicação, os MMADs têm sido amplamente utilizados na área energética (com destaque para o método de análise hierárquica), com crescente participação de questões ambientais. A popularidade de certos métodos se alterou com o tempo, possivelmente em função da inclusão de questões mais qualitativas, que favorecem determinados métodos. Entre estes, o método de análise hierárquica tem sido amplamente empregado.

A utilização do AHP para a identificação de barreiras à geração eólicoelétrica exige diversas modificações, possíveis somente com a compreensão da teoria dos MMADs. Ademais, esta também facilita o entendimento do estudo de caso e também valida os resultados obtidos, ao evitar a aplicação incorreta dos conceitos e métodos.

## 4 AHP

### 4.1. Razões para a Utilização do Método de Análise Hierárquica

Na análise realizada no capítulo 3 indicou-se que o método de análise hierárquica é um dos métodos multicritério mais utilizados (senão aquele mais utilizado) tanto na área energética quanto para as fontes sustentáveis de energia. O método de análise hierárquica é efetivamente aplicado em diversas áreas no Brasil e na Argentina, como por exemplo, na administração de empresas de aviação, na produção automotiva, na área da saúde, na contratação de professores universitários e na elaboração de portfólios de projetos, embora em menor número na área energética (ISAHP, 2007; ISAHP, 2009). Na área energética as principais aplicações são para a tomada de decisão na operação de redes elétricas e na utilização de fontes renováveis de energia em comunidades isoladas e geração distribuída (e.g. (Barin et al., 2009)). Apesar disto não foram encontrados exemplos da utilização do método de análise hierárquica para o estudo específico da tecnologia eolielétrica de grande porte em qualquer um dos dois países, nem da utilização de outros métodos multicritérios para esta tecnologia.

O aproveitamento de qualquer fonte renovável de energia é multifacetado e exige progressos tecnológicos, regulatórios e também que os agentes envolvidos se adaptem as características e promovam a tecnologia. A consideração destes fatores e a diversidade de agentes claramente resultam em um ambiente complexo e com critérios conflitantes devido aos interesses diversos dos agentes, às limitações de recursos (capital, capital humano, tempo e outros) e às restrições existentes (condição política, econômica, competição externa).

Diakoulaki, Antunes e Martins (2005) e Wang et al. (2009) demonstram esta complexidade e a adequabilidade dos métodos multicritérios para o tratamento de diversas situações da área energética, embora os autores do primeiro trabalho foquem o setor elétrico.

Segundo Saaty (1990) um método de decisão deve:

- Ser simples em construção
- Ser adaptável para grupos e indivíduos
- Ser natural para nossa intuição e modo de pensar
- Estimular o compromisso e o consenso
- Prescindir de muita especialização para ser dominado teoricamente e transmitido

Para Saaty (1990) a tomada de decisão é:

- “Estruturar o problema com um modelo que mostre os principais elementos do problema e sua relação
- Levantar avaliações que reflitam conhecimento, sentimentos ou emoções
- Representar estas avaliações com números significativos
- Usar estes números para calcular as prioridades dos elementos da hierarquia
- Sintetizar estes resultados para determinar um resultado geral
- Analisar sensibilidades a mudanças de avaliação”

Este roteiro é demasiado estrito para incluir bons MMADs, mas o autor indica que o método de análise hierárquica possui estas características, bem como aquelas outras mencionadas. O AHP é simples de construção e aplicação, sendo o tratamento matemático realizado pelo método de fácil compreensão. Diferentes métodos de ponderação existem para a agregação das avaliações de múltiplos decisores e o método pode ser facilmente adaptado para a realização de análises de sensibilidade, como indicado por Gomes (2009).

A utilização de comparações par a par para critérios e ações potenciais é uma das principais características do AHP, sendo a origem de um dos seus pontos fortes assim como o alvo de

diversas críticas, como descrito neste capítulo. Schoemaker e Waid (1982) realizaram um experimento comparando diferentes métodos para a obtenção de preferências entre alternativa, e o AHP foi considerado pelos participantes como o método mais simples e confiável (embora esta percepção não tenha se convertido em diferenças estatisticamente significativas de performance do método).

#### 4.2. Estrutura de um MMAD e Etapas do AHP

Existem diferentes estruturas padrão desenvolvidas para esquematizar os MMADs existentes, com a agregação, supressão e alteração de etapas. Contudo, MMADs nascem da demanda pela formalização e abstração de problemas reais e complexos, e são assim variados, podendo até diferir o processo de aplicação de um mesmo MMAD para diferentes problemas reais.

Outra característica importante de MMADs é sua recursividade entre etapas. Assim, a classificação de MMADs em uma estrutura não implica nunca em uma aplicação unidirecional, já que o trabalho em certa etapa pode sempre levantar novas questões sobre o processo desenvolvido em uma etapa anterior, como indicam Belton e Stewart (2010), Pomerol e Adam (2005) e Guitouni e Martel (1998). Guitouni e Martel (1998) apresentam uma estrutura do processo de aplicação de um MMAD indicada na Figura 3.

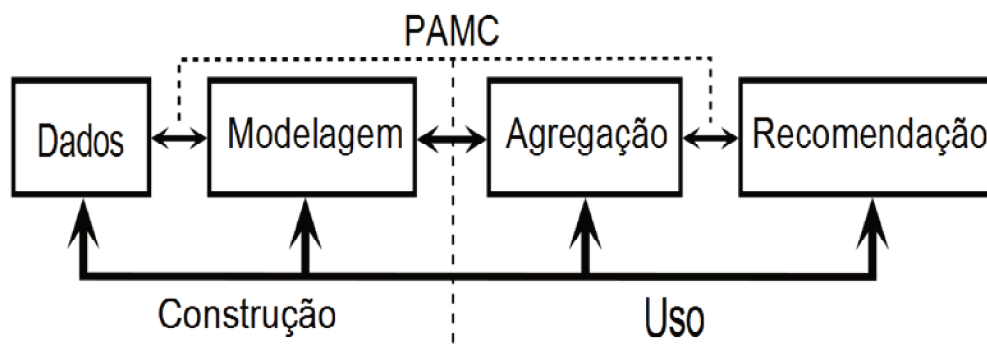
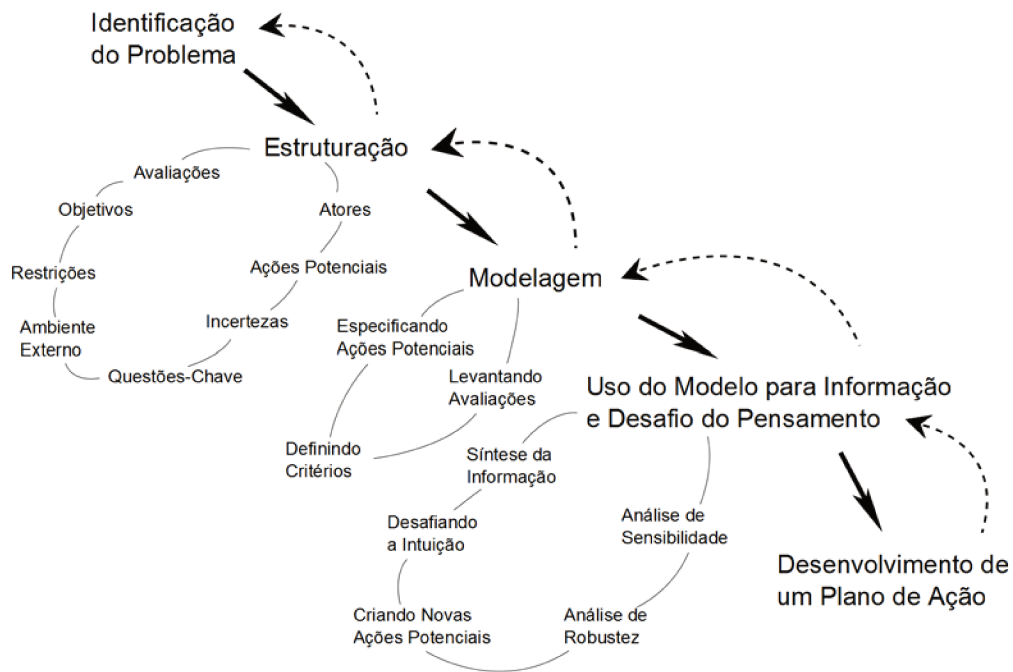


Figura 3: Estrutura da aplicação de um MMAD (Guitouni e Martel, 1998)



Nesta estrutura a etapa de modelagem se revela crucial, já que agrega tanto a parte de construção do modelo como de avaliação individual das ações potenciais. A identificação de critérios é uma parte importante do processo de modelagem do problema, assim como a criação de avaliação de ações potenciais segundo os critérios, que faz parte da mesma etapa.

Contudo, Guitouni e Martel (1998) não indicam claramente se a avaliação das ações potenciais está incluída na etapa de modelagem do problema, assim como não o faz Bouyssou (1996). Outro modelo mais detalhado e que explicita melhor a recursividade dos MMADs é aquele proposto por Belton e Stewart (2010) na Figura 4.



**Figura 4: Estrutura detalhada da aplicação de um MMAD (Belton e Stewart, 2010)**

Pode-se perceber que esta estrutura é, além de mais detalhada, também mais completa, explicitando o trabalho importante de estruturação do problema, identificação de pontos importantes e de revisão dos resultados, com a possível recomendação de ações. Embora se descreva em maiores detalhes cada uma destas etapas, cada problema pode exigir sua adaptação ou supressão de acordo com as necessidades dos decisores. Assim, na aplicação do AHP neste

estudo não é elaborado um plano de ação baseado em uma ação potencial preferencial, e deste modo etapas anteriores como formulação do problema, modelagem e agregação ganham importância como forma de compreensão do quadro da geração eólico-elétrica e de suas barreiras.

Thomas Lorie Saaty desenvolveu o método de análise hierárquica e é um de seus principais difusores (Pitt Business, 2010). Em um dos muitos trabalhos em que expõe o AHP Saaty (1990) considera que a elaboração de uma hierarquia é constituída das seguintes etapas de identificação:

- do objetivo geral
- dos sub-objetivos
- dos critérios para cada sub-objetivo
- de sub-critérios
- de agentes
- dos objetivos dos agentes
- das políticas dos agentes
- das ações potenciais

Esta elaboração de hierarquia pode ser considerada como a fase de modelagem do problema, utilizando a estrutura de MMADs apresentada no capítulo 3, e que para o AHP Hughes (2009) chama de etapa de decomposição, devido ao seu aspecto de segmentação do objetivo geral em sub-objetivos e critérios subordinados.

Pode-se ver que as etapas gerais de um MMAD descritas caracterizam um processo de identificação do quadro geral do problema, avaliação ou comparação de ações potenciais e identificação das ações potenciais mais preferidas. Para Hughes (2009) a elaboração do AHP possui quatro etapas (referentes às etapas de modelagem e agregação quando comparadas com a estrutura geral na Tabela 1).

**Tabela 1: Estrutura de um MMAD e do AHP (baseado em Hughes (2009))**

<b>Etapas de um MMAD</b>	<b>Etapas do AHP</b>
Identificação do problema	Identificação do problema
Modelagem	Modelagem/Estruturação
	Análise comparativa
Agregação	Verificação de consistência
	Ranqueamento de alternativas
Revisão e recomendação	Revisão e recomendação

#### **4.2.1. Etapa de Formulação do Problema**

A primeira etapa da aplicação de um MMAD é aquela de formulação do problema, onde como visto é definida a forma geral do método. Após a definição do problema e identificação dos agentes (ou atores), ações potenciais, incertezas, influências externas, restrições e objetivos pode-se escolher o método multicritério mais adequado. Guitouni e Martel (1998) fornecem orientações para a escolha do método multicritério, mas, como indicam os autores, muitas vezes o método é escolhido segundo a familiaridade do analista com este.

Esta etapa não é particular ao AHP e envolve assim as mesmas atividades. Para as etapas subsequentes é necessária uma explicação detalhada, já que o AHP tem procedimentos específicos.

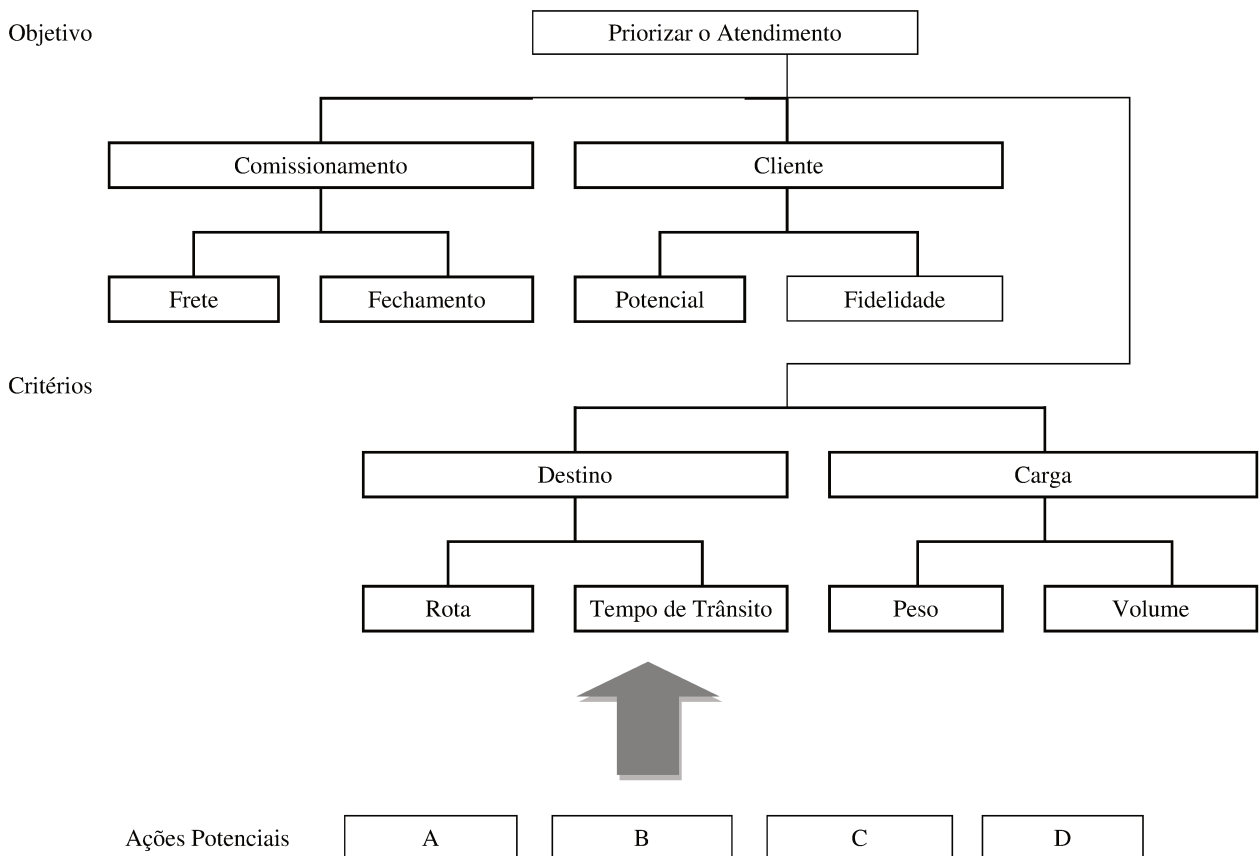
#### **4.2.2. Etapa de Construção do Modelo**

A etapa seguinte é aquela de construção do modelo do problema, mais especificamente detalhar as ações potenciais, estabelecer os critérios relevantes segundo os sistemas de valores dos decisores e respeitando os requisitos lógicos e referentes aos agentes e finalmente avaliar as ações potenciais segundo cada critério. Embora seja fácil descrever esta etapa com brevidade ela é de fato extremamente importante para a obtenção de resultados expressivos, e como envolve um processo contínuo de avaliação do problema e dos sistemas de valores dos decisores pode exigir retornos freqüentes à primeira etapa.

#### 4.2.2.1. Estruturação

Como indica o nome, o método de análise comparativa exige primeiramente a construção de uma hierarquia de objetivo, sub-objetivos, critérios e subcritérios. Uma hierarquia não necessita de todas estas etapas, podendo não haver sub-critérios ou mesmo sub-objetivos, sendo escolhida a hierarquia que melhor se adapta ao problema. A Figura 3 apresenta um exemplo de hierarquia de decisão do AHP para um problema de priorização de embarques marítimos (Bandeira, Becker e Rocha, 2010).

Usualmente se inicia a construção da hierarquia pelo topo, ou seja, pelo objetivo, sendo este e as hierarquias inferiores destrinchadas pelos decisores (e possivelmente outros agentes), devendo-se respeitar os requisitos lógicos e requisitos referentes aos agentes.



**Figura 5: Exemplo de Hierarquia (Bandeira, Becker e Rocha, 2010)**

Embora o AHP não indique uma metodologia específica para a identificação de objetivos e critérios, diversos métodos existem para a realização desta função, e.g. o método Delphi. Wang et al. (2009) apresentam alguns métodos para a seleção de critérios, embora não-exaustivamente já que o foco são critérios quantitativos, em detrimento de critérios qualitativos também frequentes quando da utilização do AHP.

Após a determinação da hierarquia do problema é necessário determinar as ações potenciais, embora como indicado haja sempre uma iteração entre a determinação da hierarquia e das ações potenciais. De fato a etapa de modelagem pode levantar questões importantes sobre a identificação do problema, já que a formalização destes em critérios e ações potenciais com respeito dos requisitos induz a maiores reflexões sobre o problema (e possivelmente já permite uma percepção da importância relativa de critérios e ações potenciais). O objetivo é denominado de 1º nível da hierarquia, enquanto que os critérios são o 2º nível e as ações potenciais são o 3º nível (Saaty, 1986).

A escolha das ações potenciais não possui requisitos estritos como os critérios, porém, é mais adequado manter um número reduzido de critérios ou ações potenciais quando estes forem comparados simultaneamente, embora o limite possa variar de acordo com a especialização do indivíduo. Pode-se elaborar ações potenciais passíveis de implantação conjunta, como indicado, assim como ações potenciais que compartilhem de certas características. Após a obtenção da hierarquia e das ações potenciais é preciso realizar as comparações par a par.

#### **4.2.2.2. Análise Comparativa**

Uma das atratividades do AHP é sua capacidade de se trabalhar simultaneamente com dados quantitativos e qualitativos. Após a estruturação do problema é preciso obter do(s) decisor(es) a avaliação das ações potenciais e os pesos dos critérios da hierarquia, sendo estes últimos utilizados na etapa de agregação das avaliações. O trabalho de Huizingh e Vrolijk (1997) apresenta um caso em que se utiliza o AHP com critérios mistos.

Caso alguns dos critérios utilizem dados quantitativos as avaliações e pesos para estes podem ser obtidas pela utilização de fontes de dados e fórmulas que forem julgadas adequadas

pelo(s) decisor(es). Deste modo o AHP não estabelece uma forma definida para o tratamento de critérios quantitativos, sendo esta uma tarefa dos decisor(es), auxiliados pelo analista.

Para a avaliação para ações potenciais em relação a critérios qualitativos ou avaliações de critérios emprega-se as comparações par a par, constituídas por procedimentos estabelecidos pelo método, embora haja diversos casos em que o método AHP seja adaptado. O objetivo das comparações par a par é a obtenção do que Saaty (1990) chama de prioridades, que é a organização das avaliações das ações potenciais ou critérios em uma escala numérica unidimensional, a partir do preenchimento de uma matriz bidimensional quadrada. Para isto são necessários os seguintes passos:

- Preenchimento da Matriz de Comparação Par a Par
- Obtenção das Prioridades através do Método de Autovetor

#### **4.2.2.2.1. Preenchimento da Matriz de Comparação Par a Par**

A primeira parte da comparação par a par é o preenchimento por parte do(s) decisor(es) de matrizes de avaliações, onde cada casa representa a avaliação comparativa de dois critérios ou de duas ações potenciais em relação a um critério.

A Tabela 2 apresenta um exemplo de uma matriz de avaliação, no caso a comparação das alternativas do trabalho de Bandeira, Becker e Rocha (2010) em relação ao critério de 2º grau “Fidelidade do Cliente”.

Cada casa representa a avaliação do elemento da linha em relação ao elemento da coluna. Assim, casas da diagonal sempre terão o valor de 1 já que representam a comparação de um elemento consigo mesmo. Deste modo o valor da preferência da ação potencial A à ação potencial B (linha 1, coluna 2) é 9. A escala de comparação utilizada neste exemplo é aquela proposta por Saaty (1990), mas para o estudo da geração eólicoelétrica se utiliza uma escala de 1 a 6, como indicado no estudo de caso.

**Tabela 2: Exemplo de Matriz de Avaliação Utilizada em Bandeira, Becker e Rocha (2010)**

	A	B	C	D
A	1	9	5	8
B	1/9	1	1/6	1/2
C	1/5	6	1	5
D	1/8	2	1/5	1

Como os elementos da diagonal representam a comparação de uma ação potencial ou critério consigo mesmo, os elementos da diagonal são sempre unitários. Similarmente, elementos correspondentes a uma inversão da ordem de comparação são inversos. Assim, pode-se definir:

$$A = (a_{ij}) \text{ é uma matriz recíproca se } 0 < a_{ij} = 1 / a_{ji}$$

O termo de matriz recíproca é mais comumente utilizado para designar a matriz de comparações do AHP, conforme Saaty (1990). Como não é necessário realizar comparações par a par para o triângulo inferior da matriz (que inclui a diagonal), o preenchimento de uma matriz recíproca de dimensão  $n \times n$  (com  $n$  elementos de comparação) requer  $(n^2 - n)/2$  comparações.

Na aplicação do AHP é necessário o preenchimento de uma matriz recíproca para cada grupo de critérios que partilha de um mesmo critério-pai e de uma matriz recíproca para cada critério qualitativo sem filhos. Assim, a hierarquia da Figura 5 (com quatro ações potenciais e sem critérios que utilizem indicadores quantitativos) exigiu o preenchimento de 9 matrizes recíprocas e 58 comparações par a par (para os grupos de 2 sub-critérios não se utilizou matrizes) (Bandeira, Becker e Rocha, 2010).

#### 4.2.2.2.2. Obtenção das Prioridades através do Método de Autovetor

Após a construção da matriz recíproca é preciso obter um vetor de prioridades que represente cardinalmente as avaliações dos elementos em análise. Isto é realizado através da obtenção do autovetor (direito) da matriz recíproca com maior autovalor. Pode-se então normalizar os vetores de prioridades, havendo alguns modos de normalização. Dada uma matriz recíproca  $A$ , o principal (maior) autovalor  $\lambda_{max}$  desta e o autovetor de prioridades  $w$  tem-se que:

$$Aw = \lambda_{max}w \quad (1)$$

Os autovalores  $\lambda$  são encontrados através de  $\det(A - \lambda I) = 0$ . Por exemplo, a matriz recíproca da Tabela 2 tem um autovalor principal de 4,2137 e o seguinte vetor de prioridades de norma 2:

$$\begin{bmatrix} A \\ B \\ C \\ D \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,9367 \\ 0,0646 \\ 0,3302 \\ 0,0972 \end{bmatrix}$$

As prioridades das ações potenciais referentes a um critério são denominadas de prioridades locais. Posteriormente, na etapa de agregação das avaliações estas são ponderadas para se obter as prioridades globais de cada ação potencial, referentes ao objetivo (Saaty, 1990).

Diversos métodos foram desenvolvidos para a obtenção de prioridades de matrizes recíprocas, mas Ishizaka e Lusti (2006) indicam que não há um método superior. Adicionalmente, o método de autovetores direitos permite a consideração de avaliações indiretas de ações potenciais que resultam em inconsistências, o que permite considerar mais informações fornecidas pelo decisor.

#### 4.2.2.2.3. Observações sobre o Uso do Autovetor Direito

Embora tradicionalmente seja empregado o autovetor direito da matriz recíproca para determinação das prioridades autores como Tung e Tang (1998) e Dodd, Donegan e McMaster (1995) indicam que seu uso não é mais indicado do que o autovetor esquerdo, e que as prioridades fornecidas por cada um diferem para matrizes recíprocas de dimensão maior que 3.

Dodd, Donegan e McMaster (1995) sugerem uma solução possível para a questão com a adoção de uma média entre os dois vetores de prioridades (autovetor direito e os as prioridades



inversas do autovetor esquerdo). Contudo, no estudo realizado por Tung e Tang (1998) demonstra-se que na grande maioria dos casos não há diferença entre o ordenamento de critérios e alternativas para a utilização do autovetor direito ou esquerdo – embora no exemplo da Tabela 2 haja inversão de ranking quando da utilização do autovetor esquerdo.

Portanto, neste estudo utiliza-se a metodologia tradicional com o autovetor direito, realizando-se, porém, o cálculo do autovetor esquerdo para a possível identificação de inversões de *ranking* entre o autovetor direito e a média dos autovetores.

### **4.2.3. Etapa de Agregação**

A terceira etapa consiste na agregação das avaliações individuais das ações potenciais. Há uma grande diversidade de procedimentos para realizar esta etapa. Belton e Stewart (2010), que usam uma estrutura mais detalhada, consideram que a terceira etapa inclui procedimentos de controle, como análises de sensibilidade e robustez.

#### **4.2.3.1. Teste de Consistência**

A utilização das comparações par a par permite a obtenção de mais de uma informação sobre uma mesma ação potencial ou critério. Como a ação potencial é comparada com outras, e estas outras comparadas entre si é possível obter avaliações indiretas. Como indicam Ishizaka e Lusti (2006) caso a matriz recíproca seja transitiva os elementos que indicam a comparação par a par das ações potenciais  $i$  e  $j$  devem respeitar:

$$a_{ij} = a_{ik} * a_{ki}, \forall k \quad (2)$$

Esta equação indica uma forma indireta de se obter uma avaliação de  $a_{ij}$ . Uma matriz recíproca transitiva é dita consistente. Isto significa que não há inconsistências entre as avaliações diretas  $a_{ij}$  e  $a_{ik} * a_{ki}$  de duas ações potenciais.

Contudo, os elementos da matriz recíproca são obtidos através da interação entre o analista e o decisor. Deste modo a equação 2 não é necessariamente respeitada, e de fato isto raramente ocorre. Deste modo é necessária uma medida da inconsistência da matriz recíproca, e também um limite de inconsistência aceitável.

Saaty (1990) propõe o índice de consistência como esta medida. Uma matriz recíproca consistente de dimensão  $n \times n$  possui um autovalor principal com tamanho igual a  $n$ . Além disto, qualquer matriz recíproca não-consistente tem um autovalor principal  $\lambda_{max} > n$ . Assim, a inconsistência pode ser medida pelo desvio do autovalor principal em relação à matriz consistente correspondente. Deste modo Saaty (1990) define o índice de consistência como:

$$IC = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (3)$$

Após a definição do IC é necessário estabelecer um limite aceitável para a inconsistência. Para isto o IC é comparado com o índice de consistência aleatório ICA que é equivalente ao cálculo do IC para matriz recíprocas de dimensão  $n$  geradas aleatoriamente, conforme Saaty (1990) e Gomes (2009):

**Tabela 3: Índice de Consistência Aleatório (Saaty, 1990)**

$n$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ICA	0	0	0,52	0,89	1,11	1,25	1,35	1,4	1,45	1,49

Com o ICA obtém-se o quociente de consistência QC:

$$QC = \frac{IC}{ICA} \quad (4)$$

Saaty (1990) estabelece que um QC de 10% ou menos indica um “julgamento informado”. O autor também fornece alguns elementos que contribuem para a consistência de uma matriz recíproca:

- A homogeneidade dos elementos do grupo (no caso, ações potenciais)
- O número de elementos do grupo
- O conhecimento e atenção do decisor em relação ao problema em questão

#### **4.2.3.2. Agregação de Avaliações**

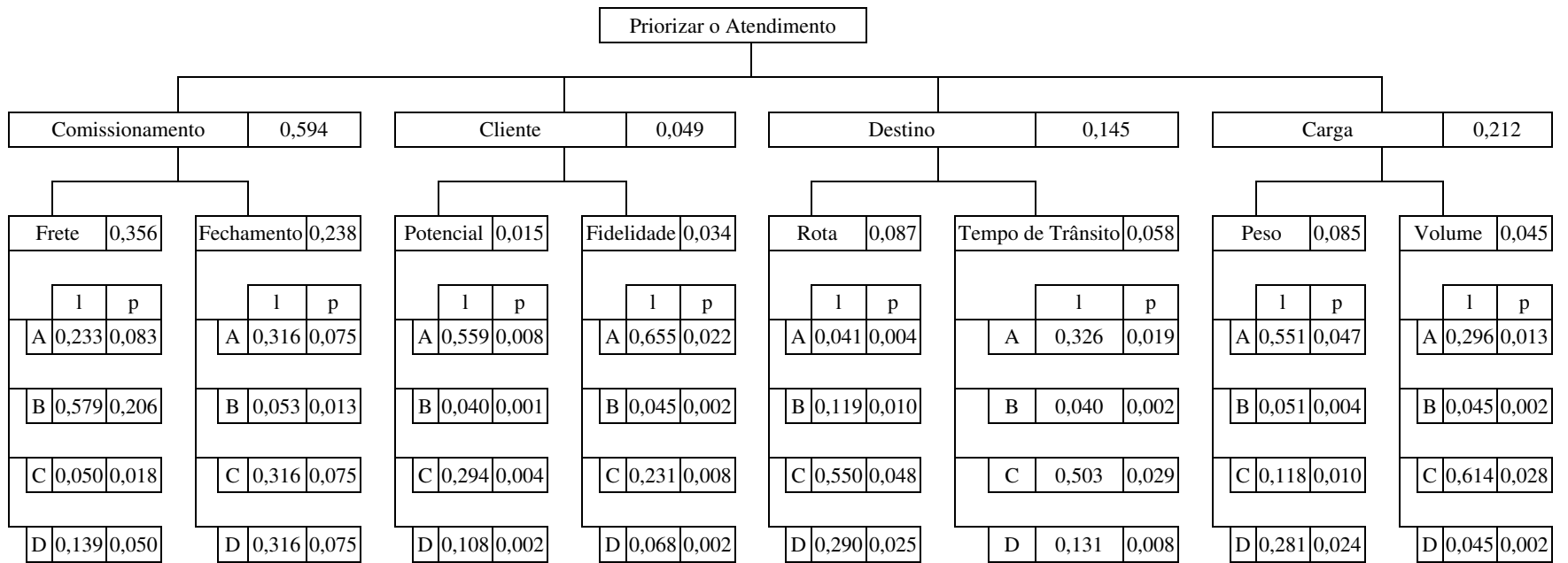
Após a construção das matrizes recíprocas e aplicação do método de autovetor e teste de consistência têm-se então vetores de prioridades para os critérios assim como para as ações

potenciais. Estas prioridades são denominadas de locais. Pode-se então realizar a agregação das avaliações do modo seguinte:

$$p_i = \sum_j^m l_{ij} w_j \quad , \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (5)$$

onde  $m$  é o número de critérios,  $n$  é o número de ações potenciais,  $p_i$  é a prioridade global da ação potencial  $i$ ,  $l_{ij}$  é a prioridade local da ação potencial  $i$  em relação ao critério  $j$  e  $w_j$  é a prioridade global do critério  $j$ . A prioridade global dos critérios (ou seja, o peso do critério) é obtida de maneira similar, ponderando a prioridade local dos critérios com a prioridade global dos critérios-pai, até o nível 1 da hierarquia (o objetivo). A Figura 6 apresenta a hierarquia do problema de Bandeira, Becker e Rocha (2010) com prioridades locais e globais para as ações potenciais e prioridades globais para os critérios.

Outros métodos de agregação são possíveis. Barzilai e Lootsma (1997) apresentam o que denominam de AHP multiplicativo, enquanto que Vargas (1997) demonstra com um exemplo que este método é inadequado para medições relativas (por exemplo do peso relativo de objetos).



**Figura 6: Exemplo de Hierarquia com Prioridades Locais (l) e Globais (p) de Bandeira, Becker e Rocha (2010)**

#### 4.2.4. Etapa de Revisão e Elaboração de Recomendações

Finalmente, a quarta e última etapa é aquela de revisão e elaboração de recomendações (segundo Guitouni e Martel (1998)) ou de planos de ação (segundo Belton e Stewart (2010)). Como mencionado anteriormente um MMAD não necessariamente implica na preconização de ações, como no presente estudo de caso, e assim nem sempre a quarta etapa é presente. Além disto, podem existir outros processos após a recomendação de ações e antes da tomada de decisão, já que os métodos multicritério apenas auxiliam a última.

### 4.3. Escolhas no AHP

#### 4.3.1. Modos de Normalização

As prioridades locais das ações potenciais do exemplo da Figura 6 somam 1 para um mesmo critério, assim como as prioridades globais dos critérios de 1º grau da hierarquia (comissionamento, cliente, destino e carga). Este é um dos modos de normalização possíveis para o AHP. A escolha do modo de normalização requer a consideração do efeito de inversão de *ranking* das ações potenciais e do destaque desejado para as diferenças entre prioridades.

O efeito de inversão de *ranking* é a alteração do *ranking* (ou ordenamento) de ações potenciais através da inclusão de uma nova ação potencial. Saaty (1990) apresenta três modos de normalização possíveis, cada qual permitindo determinado grau de inversão de *ranking*:

- Distributivo: Onde as prioridades somam 1. Permite a inversão de *ranking*.
- Ideal: Onde a maior prioridade tem o valor de 1. Impede a inversão de *ranking* no caso de inclusão de ações potenciais que não possuem a maior prioridade.
- Absoluto: A prioridade de cada ação potencial e peso de critério são determinados em relação ao critério-pai. Impede toda inversão de *ranking*.

Pode-se perceber que a utilização do modo absoluto de normalização abre mão da utilização da matriz recíproca e do método de autovetor para obter prioridades, uma das principais características do AHP. Adicionalmente, o modo ideal amplifica a diferença de prioridades entre ações potenciais ou pesos de critérios, além de facilitar o reconhecimento da maior prioridade ou peso, diferenciando mais as ações potenciais.

#### **4.3.2. Agregação de Avaliações de Diferentes Decisores**

A agregação da avaliação de um grupo de decisores pode ser realizada de diferentes formas, havendo dois métodos principais:

- Média geométrica das matrizes recíprocas
- Média aritmética dos vetores de prioridades (locais ou globais)

Como os elementos das matrizes recíprocas representam avaliações par a par na forma de quocientes, a média geométrica é a forma mais adequada de agregação. Quanto aos vetores de prioridades estes não representam quocientes, e assim a média aritmética é recomendada, embora a média geométrica também possa ser utilizada. Não há alteração dos resultados entre a aplicação da média aritmética nos vetores de prioridades locais e nos de prioridades globais, já que o método padrão do AHP de agregação para obtenção das prioridades globais é linear.

#### **4.3.3. Utilização de avaliações subjetivas e objetivas**

Pode-se abrir mão da análise comparativa para determinados critérios cujas ações potenciais sejam objetivas e que possam ser quantificadas. Neste caso, o vetor de prioridades locais pode ser obtido pela utilização dos indicadores pertinentes ao critério. Posteriormente este vetor pode ser agregado a outros vetores para critérios subjetivos ou objetivos para obtenção das prioridades globais. O AHP permite desta maneira a agregação de diferentes critérios, devendo-se somente realizar a normalização adequada no caso de se abrir mão da análise comparativa.

## 4.4. Críticas ao AHP

Certas características do AHP tem sido indicadas como deficiências, algumas das quais se revelaram verdadeiras, enquanto outras foram descartadas pela comunidade acadêmica. O seu conhecimento esclarece as limitações do AHP e permite a correta aplicação deste. De fato, nenhum MMAD estará livre de deficiências, e o conhecimento destas é crucial para a seleção do método mais adequado.

### 4.4.1. Transitividade

Ötzürk e Tsoukiàs (2005) fornecem uma apresentação compreensiva da modelagem da preferência utilizando uma linguagem formal. Das diferentes propriedades que uma relação de preferência pode apresentar, a mais importante para o estudo atual é de transitividade (propriedade onde as relações de preferência par a par entre 3 ou mais avaliações não apresentam incoerências).

A importância da propriedade de transitividade advém da discussão de sua validade para conjuntos de ações potenciais de MMADs. De fato mesmo Ötzürk e Tsoukiàs (2005) e Guitouni e Martel (1998) indicam que a propriedade de transitividade pode ser relaxada, e Saaty (1986; 1990) indica que para o método de análise hierárquica (empregado neste estudo) a propriedade de transitividade não é necessária para a matriz de avaliações construída quando da aplicação do método. Assim, embora o AHP não respeite necessariamente a propriedade de transitividade, isto resulta em uma maior riqueza de informações devido à avaliação dos decisores.

### 4.4.2. Inversão de Ranking

A característica de inversão de *ranking* que pode estar presente no AHP é um dos principais pontos do método criticados na literatura, conforme, por exemplo, Barzilai e Lootsma (1997). Como Salo e Hämäläinen (1997) indicam, a inversão de *ranking* ocorre devido à normalização, onde a inserção ou remoção de ações potenciais e critérios altera as prioridades locais (um efeito de evicção resultante do caráter distributivo do AHP), que com a agregação resulta em uma

possível inversão das prioridades globais. Assim, a inversão de *ranking* resulta da natureza comparativa do AHP, seja entre ações potenciais ou critérios.

Contudo, a inversão de ranking ocorre naturalmente, como indicam Vargas (1994) e Pérez, Jimeno e Mokotoff (2006), e não se deve descartar um método multicritério por este não atender uma determinada propriedade desejável, mas não realista. Pérez, Jimeno e Mokotoff (2006) indicam que a inserção de critérios indiferentes (para o qual as avaliações das ações potenciais são iguais) pode também ocasionar a inversão de *ranking* em uma hierarquia com mais de um nível de critérios, por atenuar a diferença do vetor de prioridades locais para determinado critério. Contudo, esta crítica se baseia na premissa de que se deve analisar somente aqueles critérios para os quais as avaliações das alternativas sejam diferentes. Contudo, é preciso diferenciar entre critérios indiferentes (que fornecem avaliações iguais) e irrelevantes (que não são pertinentes ao problema).

Assim, todos os critérios relevantes precisam ser considerados (procurando-se manter a simplicidade da hierarquia), e caso se deseje indicar a menor relevância de um critério indiferente deve-se atribuir a este uma avaliação menos importante, o que pode evitar a inversão de *ranking*. Esta ocorre no exemplo de Pérez, Jimeno e Mokotoff (2006) somente por estes atribuírem um peso importante ao critério indiferente. Contudo, cabe questionar se um decisor atribuiria tal relevância a um critério para o qual sabe haver pouca diferença entre as avaliações.

A inversão de *ranking* é, deste modo, possível no AHP, nos modos de normalização distributivo ou ideal. É preciso decidir se este fenômeno é aceitável, assim como se deve sempre decidir se o método multicritério é adequado ao problema em questão.

#### **4.4.3. Escala Numerica e Escala Verbal**

É importante notar que a escala de avaliação do AHP não é linear, seja verbal, seja numérica. Assim, a escala de análise comparativa indica a proporção entre os dois elementos, proporção que se reflete no vetor de prioridades obtido através do método do autovetor. Por exemplo, uma análise comparativa de somente dois elementos com uma avaliação de 9 fornece um vetor de prioridades [0,9939 0,1104], onde o primeiro elemento tem uma avaliação 9 vezes maior que o segundo. Esta característica deve ser comunicada quando da aplicação do questionário para não haver uma avaliação desproporcional de critérios e ações potenciais.



Huizingh e Vrolijk (1997) indicam que “usar o modo verbal sem saber como as pessoas interpretam as frases de preferências levam a uma pequena perda de qualidade de decisão”. Outros autores propuseram diferentes escalas numéricas que permitissem uma característica linear para o problema. Assim, novamente, é necessário escolher a escala mais adequada para o problema em questão, com especial cuidado na utilização de escalas verbais.

#### **4.4.4. Preservação da Ordem**

Bana e Costa e Vansnick (2008) criticam o AHP pela violação da denominada condição de preservação da ordem (*condition of order preservation, COP*), onde as intensidades de duas relações de dominância de avaliação entre quatro ações potenciais ou critérios não é necessariamente mantida no vetor de prioridades. Contudo, esta crítica tem sido rebatida por diversos autores, e.g. Ishizaka e Lusti (2006) ou Wang, Chin e Luo (2009), que consideram a crítica inválida pela violação da COP poder ocorrer devido à consideração de avaliações indiretas, e não ser um requisito para o AHP.

#### **4.4.5. Ranqueamento de um Compromisso**

Em um estudo sobre a capacidade de diversas escalas de preferência e métodos de agregação recomendarem uma ação potencial representando um compromisso (com desempenho intermediário frente a dois critérios) sobre duas ações potenciais extremas, Ishizaka, Balkenborg e Kaplan (2009) argumentam que o AHP com a escala linear de preferência e a agregação usual não é capaz de recomendar sistematicamente o compromisso como melhor ação potencial, contradizendo a teoria do consumidor. Efetivamente, esta é uma característica do AHP em sua forma tradicional, que assume explicitamente a possibilidade de compensação entre desempenhos de diferentes critérios. Assim, a incapacidade do AHP de selecionar sistematicamente o compromisso advém da sua construção, que não segue as premissas da teoria do consumidor, onde o consumidor apresenta uma utilidade marginal decrescente. Assim, novamente é preciso conhecimento desta característica do AHP para decidir sobre sua adequabilidade para cada problema proposto.

#### **4.5. Conclusões do Capítulo**

Embora atualmente haja uma teoria desenvolvida para os métodos multicritério de apoio à decisão esta teorização é posterior ao surgimento dos primeiros métodos, como demonstrado. Ademais, a diversidade destes e de suas características tornam possível diversas formas de categorização e estruturação.

Através da hierarquização dos critérios relevantes para o problema e da comparação par a par das ações potenciais o AHP permite a recomendação daquelas mais adequadas para a situação, em interação com o(s) decisor(es), possibilitando a formação de consenso devido à sua compreensibilidade, similaridade com processos naturais de tomada de decisão e por permitir o envolvimento de agentes interessados. Graças a estas características o AHP se tornou um dos MMADs mais utilizados mundialmente, sendo cada vez mais empregado para a tomada de decisão para problemas que envolvem sistemas energéticos e ambientais, como indica a revisão da literatura. É necessário, contudo, o conhecimento das características do método para sua utilização somente nos problemas adequados.

Portanto, o conhecimento da teoria de MMADs e do AHP em particular é um requisito para sua correta aplicação e para a obtenção de resultados válidos, que possam informar e ao mesmo tempo refletir a percepção do(s) decisor(es). Ao aplicar o AHP o analista deve assim atentar para a condução adequada, procurando transmitir a simplicidade do método, mas atentando também para suas características e resultantes limitações.

## 5 O AHP para Identificar Barreiras

### 5.1. O AHP e os Objetivos

Não se pode objetivar identificar as barreiras ao desenvolvimento da geração eólicoelétrica no Brasil e na Argentina sem considerar que pode haver características muito particulares a cada país, já que o desenvolvimento do setor elétrico em cada um apresentou, e apresenta, diferenças importantes.

Contudo, para possibilitar a comparação entre os dois países é necessário utilizar uma metodologia comum. Os objetivos deste estudo de caso são:

- Analisar o quadro atual para a geração eólicoelétrica em terra conectada à rede no Brasil e Argentina, identificando e hierarquizando barreiras econômicas, técnicas, regulatórias e de agentes para seu desenvolvimento assim como as alternativas mais adequadas para sua superação
- Adequar a metodologia AHP e os questionários para envio para especialistas diretamente relacionados com a geração eólicoelétrica nos dois países
- Identificar diferenças entre posições de especialistas e entre a situação do setor eólico nos dois países

A escolha do método de análise hierárquica é justificada por este permitir a utilização de uma hierarquia comum de barreiras ao desenvolvimento da geração eólicoelétrica, cuja avaliação por país fornece resultados específicos, permitindo estruturar o problema, levantar avaliações e classificar ações potenciais e critérios, sintetizando o resultado geral. Ademais, a facilidade com que se pode realizar estas etapas com o AHP e a aceitação do método que decisores apresentam são vantagens para sua adoção.

Os dados do questionário do AHP permitem obter a percepção dos especialistas sobre as diferentes barreiras para os setores eólicos, mas para detalhar mais esta percepção pode-se utilizar a discussão dos pontos elencados na hierarquia. Assim, a aplicação do questionário foi acompanhada de perguntas direcionadas aos especialistas, podendo ser o processo (com o AHP) denominado de entrevista.

## **5.2. Utilização do AHP para o Problema**

A hierarquia de barreiras para a energia eólicoelétrica de grande porte cobre uma gama extensa de aspectos, desde aqueles de mercado até técnicos e sociais. Como o AHP requer que todas as ações potenciais consideradas sejam avaliadas par a par frente a cada um dos critérios de nível mais baixo, caso se propusesse ações potenciais estas deveriam atuar sobre todas as barreiras, já que em caso contrário na comparação par a par frente ações potenciais propostas não teriam relação com critérios (as barreiras).

As ações potenciais deveriam assim constituir planos extensos para atuar sobre barreiras de mercado, regulatórias, de atores e técnicas, e a comparação de apenas dois planos possui pouco poder explanatório. Deste modo, seriam necessárias 3 ações potenciais, no mínimo, que tratassem de todas as possíveis barreiras elencadas na hierarquia.

Estas são as razões para utilizar-se o AHP somente para a identificação das barreiras mais importantes para o desenvolvimento da geração eólicoelétrica, sem ações potenciais, com o estudo posterior de medidas individuais para atuar sobre cada barreira identificada. Deste modo, o fenômeno de inversão de *ranking*, descrito no capítulo metodológico, mesmo que aceitável, não pode ocorrer neste estudo.

O AHP não fornece uma metodologia padrão para sua aplicação. Para a obtenção da avaliação de diferentes especialistas, personificando os decisores do AHP, foi desenvolvido um questionário que permitisse a comparação destas avaliações. A elaboração deste envolveu um processo de testes e modificações até a obtenção de um formato simples, prático, compreensível e

que ao mesmo tempo permitisse o fornecimento de respostas inequívocas e evitasse dúvidas sobre o questionário.

A seqüência adotada para o AHP é então:

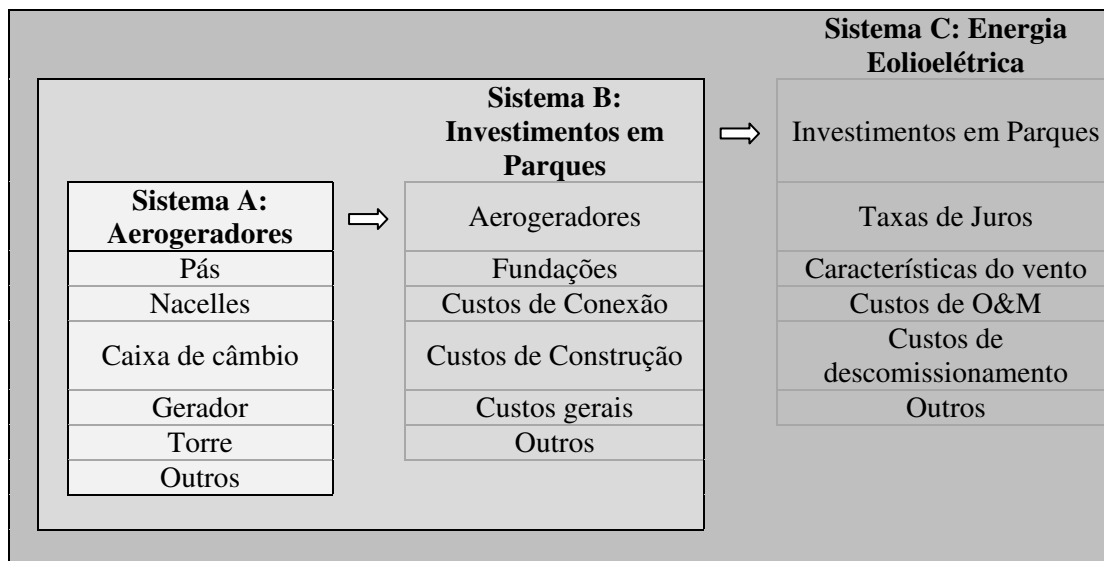
- Definição do objeto de estudo
- Elaboração da hierarquia
- Definição dos Conceitos
- Elaboração do questionário
- Teste e adaptação do questionário
- Aplicação suportada por entrevistas
- Retorno (*feed-back*) ao especialista e confirmação dos resultados

### **5.3. Etapa de Estruturação**

#### **5.3.1. Definição do Objeto de Estudo**

Conforme os objetivos, o foco é a geração de eletricidade a partir da fonte eólica com aerogeradores de grande porte conectados ao sistema interligado nacional, em todos os ambientes de contratação. Uma delimitação necessária do problema versa assim sobre qual aspecto da cadeia da energia eólica estudar. No estudo de sistemas de aprendizado para a energia eólica Junginger, Faaij e Turkenburg (2005) delimitam sistemas de custos, conforme a Figura 7, onde cada sistema de componentes e serviços constitui parte de um sistema maior, com um produto mais avançado na cadeia. O atual estudo foca assim o sistema C, a energia eolioelétrica.

Embora a indústria da energia eólica inclua fatores referentes ao sistema B, usualmente o termo designa aquelas indústrias responsáveis pelo fornecimento de componentes do sistema A. Contudo, a política industrial não é o foco do estudo, sendo analisada somente como forma de superação de barreiras ao desenvolvimento de parques eólicos, e não como um objetivo em si, embora seja em si um tópico importante.



**Figura 7: Sistemas de Custos para a Energia Eólica (Junginger, Faaij e Turkenburg, 2005)**

Outro aspecto diz respeito ao porte da geração estudada. A geração de grande porte (com aerogeradores de potência da ordem de megawatts) é o modo mais expressivo de desenvolvimento da energia eólica atualmente no Brasil, e na Argentina os projetos em construção também utilizam aerogeradores de grande porte. Estudos voltados para a fonte assim como o planejamento energético do governo focam este modo, sendo dedicada menos atenção à geração distribuída, isolada ou de pequeno porte voltada ao consumo próprio. Ademais, a delimitação sobre a escala da geração é imprescindível, já que a geração isolada, distribuída ou conectada à rede de alta tensão apresenta características e impactos muito diferentes segundo os aspectos econômicos, regulatórios, sociais e técnicos. Assim, este estudo se limita à geração eólicoelétrica utilizando aerogeradores de grande porte, conectados ao sistema interligado da Argentina ou do Brasil.

Embora o desenvolvimento da geração eólicoelétrica no Brasil se realize principalmente no ambiente de contratação regulada, o marco regulatório argentino não possui uma segmentação idêntica, e tampouco se pode afirmar que futuramente a situação brasileira não mudará. Assim, é necessário analisar a geração eólicoelétrica em todos os ambientes dos setores elétricos destes países.

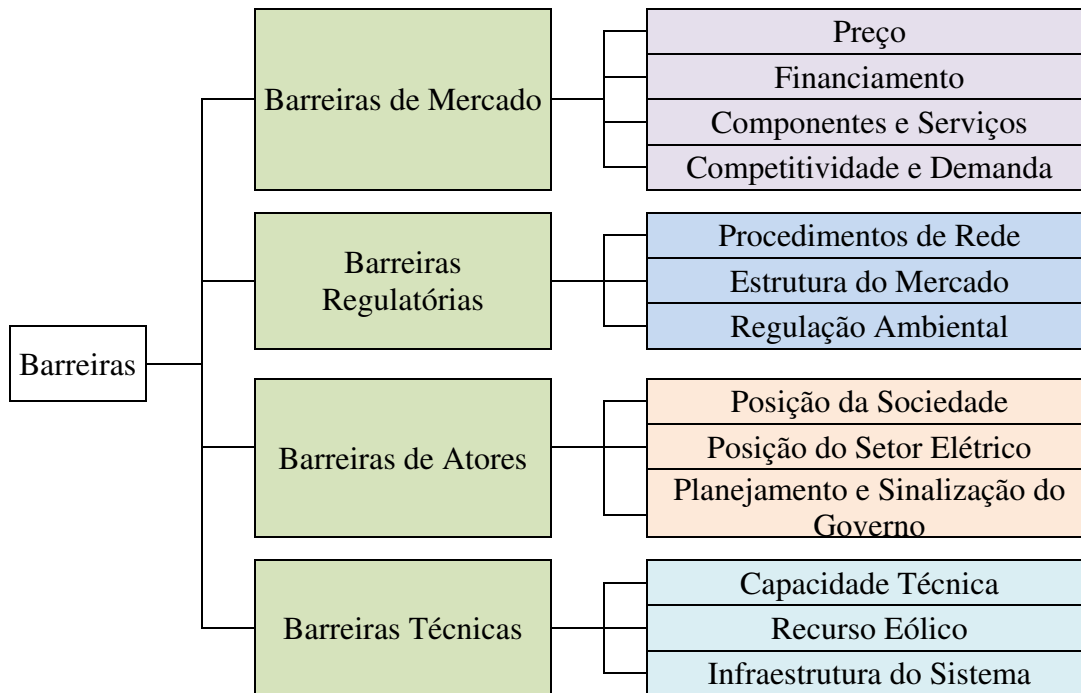
### **5.3.2. Elaboração da hierarquia**

Embora haja um número de trabalhos que utilizem o AHP para a elaboração de políticas energéticas e análise de sistemas de energias renováveis, estes trabalhos estruturam o problema segundo suas características específicas. De fato, não se encontra na literatura uma estrutura que seja adequada ao problema proposto, embora Karni, Feigin e Breiner (1992) tenham alguns critérios similares para a análise da adequabilidade de uma política energética e Wang et al. (2009) identifiquem que a literatura use critérios classificáveis como técnicos, econômicos, ambientais e sociais, classificação que novamente apresenta semelhanças com a hierarquia aqui utilizada (embora os subcritérios que compõem a classificação não sejam similares).

Ademais, a própria teoria de decisão indica que cada problema deve ter sua estruturação própria. A identificação de barreiras ao desenvolvimento da geração eólicoelétrica exige, portanto, também uma estruturação própria, com uma hierarquia que considera as seguintes barreiras:

- Indicadas em artigos acadêmicos e estudos referentes ao Brasil, à Argentina e a outros países
- Indicadas por agentes dos setores eólicos, seja pessoalmente ou por meio de mídias especializadas
- Indicadas na etapa de elaboração do questionário

A hierarquia final utilizada nos questionários é apresentada na Figura 8. Elaborada para o respeito dos requisitos de exaustividade, coesão e não-redundância indicados no capítulo 3, a hierarquia exige também a apresentação de uma definição detalhada das barreiras, para atender os requisitos e também para permitir a comparabilidade das avaliações de diferentes especialistas.



**Figura 8: Hierarquia de Barreiras ao Desenvolvimento da Geração Eólioelétrica**

As definições para as barreiras são:

- **Barreiras de Mercado:** Barreiras que dificultam econômica e diretamente projetos eólicos de geração, devido a diferenças entre o custo equivalente de geração e o preço de venda da energia elétrica, incluindo a oferta de equipamentos e componentes para parques eólicos, tanto de origem nacional como importados.
  - **Preço:** Referente à adequabilidade do preço pago ao gerador pela energia elétrica oriunda da fonte eólica para compensar os custos de produção (em todos os ambientes de contratação), assim como das remunerações adicionais existentes.
  - **Financiamento:** Referente às condições e volumes de financiamento de bancos privados e públicos disponíveis para a construção de parques eólicos, incluindo fatores intangíveis como requisições de conteúdo local.



- **Componentes e Serviços:** Referente à oferta e preço de todos os componentes e serviços necessários para a construção, operação e manutenção de parques eólicos, e que possam afetar o custo equivalente final da energia, considerando todos os fatores que afetam estes preços, como custos de mão-de-obra, materiais e impostos.
- **Competitividade e Demanda:** Referente à existência de demanda por empreendimentos de geração, e também à competitividade da fonte eólica com relação às outras fontes produtoras de energia elétrica no país (englobando somente fatores que resultem em um tratamento diferenciado ou que favoreçam outras tecnologias de geração), como diferenças no recurso energético disponível ou externalidades não-contabilizadas (custos pagos pela sociedade e não pelo gerador).
- **Barreiras Regulatórias:** Barreiras que dificultam o desenvolvimento de projetos devido a questões estruturais de legislação e regulação e processos administrativos, impondo exigências complexas ou de pouca praticidade.
  - **Procedimentos de Rede:** Referente aos procedimentos de rede impostos pelo operador do sistema interligado nacional para a conexão e operação de parques eólicos e transmissão da eletricidade, incluindo resoluções específicas que possam acarretar custos adicionais para a construção.
  - **Estrutura do Mercado:** Referente à configuração do mercado de energia elétrica e às barreiras que possam existir para a participação da geração eólioelétrica, como barreiras de entrada em certos mercados ou formação dos mecanismos para contratação de energia.
  - **Regulação Ambiental:** Referentes aos procedimentos necessários para a obtenção das licenças ambientais de instalação e operação, incluindo questões intangíveis como lentidão no processo de avaliação.
- **Barreiras de Atores:** Barreiras oriundas do posicionamento de atores com influência sobre o desenvolvimento de projetos, como o governo, companhias dos

setores elétrico e industrial e partes da sociedade envolvidas e/ou afetadas pelos projetos eólicos.

- **Posição da Sociedade:** Referente à posição de grupos da sociedade afetados pelos parques eólicos e/ou opostos ao seu desenvolvimento assim como a percepções negativas e positivas da sociedade em geral.
  - **Posição do Setor Elétrico:** Referente à oposição ao desenvolvimento de parques eólicos de companhias e atores do setor elétrico de todos os segmentos.
  - **Planejamento e Sinalização do Governo:** Referente ao posicionamento do governo com relação ao desenvolvimento de parques eólicos, incluindo sua consideração em planos energéticos e a estabilidade dos planos de governo para os setores elétrico e/ou eólico.
- **Barreiras Técnicas:** Barreiras resultantes da insuficiência de conhecimento e mão de obra qualificada nas diversas áreas requeridas para a geração eólica, como na produção de componentes e construção de parques, avaliação do recurso eólico, desenvolvimento de projetos e operação dos parques e do sistema elétrico.
    - **Capacidade Técnica:** Referente à capacidade e qualidade técnica existente de desenvolvimento e construção de parques eólicos no país, ou seja, referente à existência em quantidade suficiente de empresas e mão de obra que possam conduzir adequadamente todas as etapas da construção, operação e manutenção de parques eólicos. Questões de custo devem ser consideradas nas barreiras de mercado.
    - **Recurso Eólico:** Referente à qualidade do recurso eólico no país, à disponibilidade de locais adequados para parques eólicos assim como ao nível de conhecimento do recurso eólico.
    - **Infraestrutura do Sistema:** Referente à capacidade do sistema interligado nacional de absorção e transmissão da geração dos parques eólicos.

Como este estudo não desenvolve ações potenciais a hierarquia final é suficiente para a elaboração do questionário para aplicação do AHP, com as mudanças indicadas para o AHP.

## **5.4. Análise Comparativa**

### **5.4.1. Questionário**

Para garantir que os especialistas entendam o foco do estudo em questão e sua importância, e forneçam avaliações adequadas a apresentação isolada da hierarquia não é suficiente. Grande parte do trabalho de elaboração do questionário versou sobre a apresentação do problema e explanação do método, assim como sobre a melhor forma de obtenção das avaliações, buscando-se ao mesmo tempo um questionário curto, procurando evitar respostas rápidas que não refletissem a verdadeira avaliação do especialista. O questionário foi deste modo dividido nas seguintes seções:

- Motivação e contextualização
- Apresentação do AHP
- Apresentação da Hierarquia
- Análise de Barreiras

O anexo A apresenta a versão final do questionário em espanhol e português. Durante o teste do questionário, realizado com três indivíduos, além de mudanças pequenas de redação e nomenclatura das barreiras, salientaram-se os seguintes tópicos:

- Importância da condução imparcial do questionário
- Reformulação de algumas definições de barreiras
- Necessidade de ressaltar alguns pontos importantes do AHP

Uma mudança sugerida e adotada foi a separação da avaliação de cada grupo de barreiras para que cada folha de respostas pudesse comportar o campo de respostas e as definições das barreiras, enquanto o modelo anterior não apresentava estes na mesma folha.

Como se pode imaginar, muitos agentes do setor energético possuem opiniões bem-definidas sobre políticas industriais no Brasil e na Argentina, em parte devido à história de desenvolvimento econômico dos dois países. Contudo, como indicado este não é o foco do estudo, e, portanto, o questionário frisa claramente este ponto.

Finalmente, a condução de testes para o questionário representou um ensaio para a aplicação efetiva, fornecendo assim um tempo estimado para esta, informação relevante para obter a participação dos especialistas do setor eólico.

#### **5.4.2. Alteração da Escala Padrão**

Como visto no capítulo 4, a utilização de uma escala verbal é ligeiramente menos preferida que a escala numérica por haver maior influência da interpretação própria de cada avaliador sobre o significado da escala. Ademais, quando do desenvolvimento do método a escala numérica de 1 a 9 do AHP foi escolhida como escala padrão sem uma justificativa particular.

Portanto, neste estudo utiliza-se uma escala numérica de 1 a 6 nos questionários. Isto é realizado por considerar que esta é mais simples que a escala de 1 a 9, já que de qualquer modo tradicionalmente utiliza-se somente os níveis ímpares (1, 3, 5, 7 e 9), e também por incluir assim 6 níveis possíveis de avaliação, considerado adequado.

Como o cálculo do quociente de consistência desenvolvido para o AHP baseia-se em índices aleatórios de matrizes recíprocas que utilizam a escala de 1 a 9, é preciso justificar a utilização destes índices neste estudo. O desenvolvimento de índices de consistência aleatórios para uma escala de 1 a 6 resulta em valores menores que os originais, o que para um mesmo índice de consistência de uma dada matriz resulta em um quociente de consistência maior. Contudo, uma escala de 1 a 6 possibilita menos escolhas que a escala original, e se esta característica fornece uma escala contínua para o decisor (ao contrário de 1 a 9 onde considera-se tradicionalmente somente níveis ímpares), ela também faz com que o quociente de consistência seja maior.

Como uma maior semelhança entre dada matriz recíproca e uma matriz recíproca média aleatória é inevitável com uma escala menor, optou-se por utilizar os índices de consistência aleatórios originais do AHP e o limite de 10% do quociente de consistência, que fornecem um nível adequado de detecção de inconsistências.

### **5.4.3. Condução da Entrevista**

A aplicação do questionário foi por vezes antecedida de uma discussão sobre as barreiras elencadas, sempre evitando alterar a percepção do especialista, mas após a aplicação do questionário houve outra discussão sobre as barreiras identificadas como mais importantes neste (já com a aplicação do método de autovalores do AHP para obtenção das prioridades, quando possível).

Após a apresentação do questionário e tratamento de dúvidas nenhum especialista teve dificuldades na avaliação das barreiras, justificando, por vezes, determinada avaliação que julgassem necessária, o que enriqueceu a análise ao esclarecer o raciocínio do especialista. Adicionalmente, quando se verificou que a inconsistência da avaliação excedeu os níveis permitidos do AHP descritos no capítulo 3 procurou-se obter uma reavaliação do questionário, como preconizado pela metodologia.

A duração das entrevistas variou, não sendo, porém, nunca inferior a 20 minutos, e mais frequentemente superior a 40, sendo estas realizadas pessoalmente ou à distância, conforme disponibilidade e localização do especialista.

### **5.4.4. Especialistas**

Para obter uma amostra representativa dos setores eólicos argentinos e brasileiros procurou-se contatar representantes de empresas privadas, da comunidade acadêmica e do governo. Infelizmente, não se conseguiu contatar representantes do governo argentino, por falta de retorno. Os cinco entrevistados na Argentina e sete no Brasil estão listados na Tabela 4. É importante salientar que as opiniões e avaliações levantadas por estes especialistas não representam necessariamente a opinião de suas empresas ou instituições.

**Tabela 4: Especialistas Entrevistados**

<b>País</b>	<b>Especialista</b>	<b>Ocupação</b>	<b>Data</b>
Argentina	Jorge Barrera	Professor Universitário, UNLA	19/04/2011
	Francisco Dias Aguiar	Responsável de Mercado, IMPSA	19/04/2011
	Sebastian Kind	Engenheiro Eólico, Aires Renewable	20/04/2011
	Mauro Soares	Presidente do Comitê Eólico, Câmara Argentina de Energias Renováveis	20/04/2011
	Lars Meyer-Ohlendorf	Presidente, WPD Argentina	21/04/2011
Brasil	Ivo Carvalho de Albuquerque	Gerente de Operações, Braselco	10/05/2011
	Ricardo Marques Dutra	Engenheiro, CRESEB	16/05/2011
	Osvaldo Livio Soliano Pereira	Professor Universitário, UNIFACS	18/05/2011
	Luciano Costa	Jornalista, Jornal da Energia	18/05/2011
	Hamilton Moss de Souza	Diretor do Departamento de Desenvolvimento Energético, Ministério de Minas e Energia	07/06/2011
	Alexandre Heringer Lisboa	Gestor de Produtos de Energia Renovável, CEMIG	07/07/2011
	José Tadeu Matheus	Gerente de Apoio Técnico, Wobben Windpower	14/07/2011

Não se tem a avaliação do questionário para o especialista De Souza, mas este forneceu o posicionamento do Departamento de Desenvolvimento Energético do MME sobre as barreiras no Brasil.

As avaliações obtidas representam, assim, no mínimo a percepção de agentes de empresas desenvolvedoras de projetos, fabricantes de aerogeradores e da comunidade acadêmica. O capítulo 3 apresenta métodos para a agregação das avaliações de vários decisores quando da aplicação do AHP, mas a agregação destas avaliações pode resultar na equalização da importância das barreiras e, portanto, na perda de informações. Por outro lado, caso as avaliações sejam concorrentes em indicar certas barreiras como proeminentes, a agregação destas avaliações não adicionaria informações relevantes, e portanto a média é utilizada somente como método preliminar para identificação de barreiras mais consensuais. Maior riqueza de informações pode ser obtida da análise das avaliações e opiniões destes especialistas frente a dados sobre os setores eólicos, como realizado.

## 5.5. Resultados

### 5.5.1. Ranqueamento das Barreiras e Consistência

Os dados resultantes da aplicação do AHP (no caso deste estudo) são as prioridades dos critérios da hierarquia (representando barreiras) e a consistência das avaliações fornecidas. A Tabela 5 e a Tabela 6 fornecem a avaliação dos especialistas para a Argentina e o Brasil, respectivamente, utilizando a normalização distributiva. Todas as entrevistas na Argentina foram realizadas presencialmente, enquanto que no Brasil apenas as entrevistas com os especialistas Costa e Matheus foram presenciais.

**Tabela 5: Avaliação de Especialistas para a Argentina**

Barreiras	Barrera	Aguiar	Kind	Soares	Meyer	Média
Preço	0,072	0,127	0,046	0,040	0,073	0,072
Financiamento	0,029	0,258	0,153	0,192	0,338	0,194
Componentes e Serviços	0,040	0,057	0,017	0,057	0,130	0,060
Competitividade e Demanda	0,105	0,069	0,120	0,061	0,045	0,080
Procedimentos de Rede	0,255	0,074	0,066	0,040	0,102	0,107
Estrutura do Mercado	0,101	0,074	0,136	0,266	0,102	0,136
Regulação Ambiental	0,053	0,037	0,019	0,119	0,020	0,050
Posição da Sociedade	0,034	0,052	0,046	0,009	0,016	0,031
Posição do Setor Elétrico	0,185	0,105	0,050	0,035	0,016	0,078
Planejamento e Sinalização do Governo	0,050	0,052	0,213	0,035	0,032	0,077
Capacidade Técnica	0,014	0,019	0,032	0,038	0,038	0,028
Recurso Eólico	0,018	0,019	0,011	0,015	0,009	0,014
Infraestrutura do Sistema	0,045	0,057	0,092	0,093	0,078	0,073
Legenda de Grupos de Barreiras						
De Mercado	Regulatórias		De Atores		Técnicas	

**Tabela 6: Avaliação de Especialistas para o Brasil**

Barreiras	Albuquerque	Dutra	Pereira	Costa	Lisboa	Matheus	Média
Preço	0,128	0,050	0,055	0,039	0,041	0,037	0,058
Financiamento	0,026	0,065	0,022	0,030	0,092	0,053	0,048
Componentes e Serviços	0,047	0,094	0,083	0,111	0,121	0,045	0,083
Competitividade e Demanda	0,047	0,074	0,132	0,102	0,077	0,127	0,093
Procedimentos de Rede	0,027	0,236	0,046	0,043	0,047	0,028	0,071
Estrutura do Mercado	0,059	0,062	0,014	0,308	0,080	0,050	0,096
Regulação Ambiental	0,216	0,149	0,025	0,073	0,014	0,091	0,095
Posição da Sociedade	0,064	0,011	0,020	0,040	0,034	0,053	0,037
Posição do Setor Elétrico	0,010	0,036	0,127	0,016	0,088	0,121	0,066
Planejamento e Sinalização do Governo	0,021	0,058	0,032	0,025	0,077	0,277	0,082
Capacidade Técnica	0,088	0,049	0,076	0,078	0,184	0,048	0,087
Recurso Eólico	0,047	0,027	0,045	0,021	0,040	0,024	0,034
Infraestrutura do Sistema	0,222	0,088	0,322	0,114	0,105	0,048	0,150
Legenda de Grupos de Barreiras							
De Mercado	Regulatórias		De Atores		Técnicas		

A Tabela 7 e a Tabela 8 apresentam a consistência das avaliações fornecidas para estes especialistas para a Argentina e para o Brasil, respectivamente. As tabelas também indicam aqueles grupos de barreiras cujo quociente de consistência QC ultrapassou o limite de 10% estabelecido pela metodologia. Embora se tenha realizado uma nova avaliação quando possível, não se pôde obter novas avaliações para os especialistas Barrera e Kind.

O uso de avaliações com quocientes de consistência maiores do que o nível tolerado exige a identificação das causas de inconsistência, para que se possa utilizar os resultados. Para o especialista Meyer não se procurou uma reavaliação do questionário pelo quociente de consistência ultrapassar pouco o limite estabelecido, enquanto que o processo de reavaliação para o especialista Pereira não resultou em mudança (mas sua avaliação ultrapassa o limite em um grupo apenas).

A consistência da avaliação de Barrera para as barreiras de mercado poderia ser melhorada com uma importância maior para a competitividade frente aos preços, porém a avaliação atual já reflete uma preferência entre os dois, podendo o mesmo ser afirmado para a avaliação dos grupos de barreiras. Correspondentemente uma avaliação mais equilibrada entre estrutura de mercado e



regulação ambiental diminuiria a inconsistência, mas a análise ainda demonstraria uma maior importância para a estrutura de mercado.

**Tabela 7: Consistência das Avaliações para a Argentina**

Quociente de Consistência	Barrera	Aguiar	Kind	Soares	Meyer
De Mercado	13,3%	7,9%	9,5%	6,3%	1,3%
Regulatória	20,9%	0,0%	13,0%	8,2%	0,0%
De Atores	9,0%	0,0%	0,5%	0,0%	0,0%
Técnicas	5,2%	0,0%	10,4%	3,7%	13,0%
Grupos	14,4%	2,3%	30,5%	5,5%	12,3%

**Tabela 8: Consistência das Avaliações para o Brasil**

Quociente de Consistência	Albuquerque	Dutra	Pereira	Costa	Lisboa	Matheus
De Mercado	0,8%	2,7%	5,4%	1,7%	1,7%	6,9%
Regulatória	9,0%	5,2%	0,9%	2,8%	2,4%	0,9%
De Atores	8,2%	5,2%	5,2%	5,2%	1,8%	7,1%
Técnicas	7,1%	5,2%	2,8%	9,0%	1,8%	0,0%
Grupos	6,9%	2,7%	20,4%	4,3%	2,3%	2,7%

Para a análise de Kind o grupo que apresenta inconsistência mais acentuada é o grupo de barreiras, inconsistência decorrente da relação entre a barreira de atores e a de mercado, e as avaliações destas com os outros grupos de barreira. Uma avaliação menos acentuada do grupo de mercado em relação ao grupo de barreiras de atores reduz significativamente a inconsistência, assim como uma avaliação mais importante do grupo de mercado frente ao técnico. Enquanto as inconsistências de Meyer são baixas a de Pereira para o grupo de barreiras poderia ser alterada com uma avaliação menos forte do grupo de mercado contra o grupo de atores.

Na comparação entre as avaliações obtidas pelo autovetor direito e pela média dos autovetores direito e esquerdo apenas em dois momentos há uma diferença perceptível. Na Argentina para Kind há um ligeiro aumento da importância da estrutura de mercado e um decréscimo da importância do financiamento, resultando porém em avaliações onde as duas barreiras são comparáveis (e importantes, como antes). No Brasil, para Dutra financiamento

perde importância frente aos componentes e serviços, enquanto as barreiras mais importantes para o especialista (os procedimentos de rede e a regulação ambiental) permanecem inalteradas.

Após a validação das avaliações é possível realizar a análise das percepções dos diversos especialistas e sua confrontação com informações sobre o setor eólico. Devido ao método empregado, é preciso evitar a classificação de importância entre barreiras que tenham avaliações numéricas muito próximas. Assim, somente se pode ordenar as barreiras caso a distância numérica seja significativa.

### **5.5.2. Percepções Individuais**

A realização de entrevistas com os especialistas permite detalhar a percepção destes sobre o setor eólico. Nesta seção se realiza esta análise, primeiramente para a Argentina e então para o Brasil. Em média o tempo de entrevista para o Brasil foi superior ao da Argentina, o que permitiu um detalhamento maior da percepção dos atores do primeiro país, embora o quadro comum de análise ainda permita a comparação dos setores eólicoelétricos nos dois países.

#### **5.5.2.1. Argentina**

Para o especialista Barrera as barreiras mais importantes são, em ordem decrescente de importância, os procedimentos de rede e a posição do setor elétrico, seguidas da competitividade e demanda e da estrutura de mercado, no mesmo nível. Em acordo com os resultados do questionário o especialista indica que o principal entrave para o desenvolvimento da energia eólicoelétrica na Argentina é a posição da CAMMESA, que como visto realiza simultaneamente o papel de operador independente do sistema e de operador do mercado de energia elétrica. Segundo o especialista, a instituição não atua no sentido de favorecer a participação da tecnologia no sistema interconectado (Barrera, 2011). Isto é corroborado no método também pela importância que assume a posição do setor elétrico. Dada a participação do setor na CAMMESA, as duas barreiras mais importantes, avaliadas pelo especialista, se relacionam com a instituição.

A discussão com o especialista Aguiar foi breve, e ele apresenta uma visão diferente daquela de Barrera. Pelo método AHP se destacam as barreiras de financiamento, preço e posição do setor elétrico, sendo a primeira claramente a mais importante (Aguiar, 2011). Dado o ramo de atuação de Aguiar se poderia pensar que este estaria mais inclinado a indicar a ênfase na questão

de financiamento como crucial. Porém, como se mostrará, diversos especialistas enxergam a questão do financiamento na Argentina como um ponto importante para o desenvolvimento da geração eólicoelétrica.

Já para Kind cinco barreiras se destacam, em ordem decrescente de importância:

- Planejamento e sinalização do governo
- Financiamento
- Estrutura do Mercado
- Competitividade e Demanda
- Infraestrutura do Sistema

Efetivamente, na entrevista o especialista indicou, antes da aplicação do método, estes cinco pontos como os de maior destaque, com o financiamento, planejamento e sinalização do governo e infraestrutura do sistema como os três mais importantes. Assim, para refletir sem quaisquer incoerências a percepção do especialista a infraestrutura deveria ter uma avaliação um pouco maior, já que segundo o questionário é somente a quinta barreira mais importante.

Contudo, sua importância é superior às barreiras seguintes, e como indicado o quociente de consistência da avaliação para os grupos de barreiras está acima do limite de tolerância. Assim, uma reavaliação deste grupo poderia resultar na atribuição de um peso maior ao grupo de barreiras técnicas, embora claramente estas sejam consideradas menos importantes que outros grupos. Deste modo, infere-se da análise que, embora a infraestrutura do sistema seja considerada pelo especialista como um entrave importante, as barreiras de planejamento e sinalização do governo e financiamento são um obstáculo maior. Já a estrutura de mercado e competitividade e demanda seguem com importância igual entre si, dado coerente entre a entrevista e o método AHP (Kind, 2011).

O método AHP para Soares indica a estrutura do mercado como a barreira mais significativa, seguida do financiamento, regulação ambiental e infraestrutura do sistema. O especialista mencionou diversos aspectos da geração eólicoelétrica na Argentina, e assim a

ordenação das barreiras pelo método AHP serve para detalhar mais sua percepção. Questões relativas à estrutura do mercado envolvem:

- Distorções do mercado resultantes da estrutura anterior à crise econômica
- Conflito entre as formas estabelecidas na CAMMESA de expansão da geração elétrica e as licitações de projetos de geração da ENARSA

A aparente inação da CAMMESA que pode ser percebida pelos agentes do setor eólico seria então resultante deste conflito interno entre suas atribuições e as necessidades fatuais impostas pela promoção das fontes renováveis de energia através de licitações.

Quanto à questão da regulação ambiental o especialista indica que falta capacidade para processamento dos relatórios ambientais em vista da obtenção da autorização para implantação dos projetos, e que o processo de regulação ambiental ainda não está adaptado para a energia eólicoelétrica, sendo um problema, ao menos para a província de Buenos Aires. Segundo o especialista, a importância da infraestrutura do sistema como barreira para o desenvolvimento da geração eólicoelétrica se deve principalmente à baixa capacidade de transmissão de eletricidade das províncias patagônicas (de alto potencial de geração eólicoelétrico) para os grandes centros consumidores do norte.

O especialista diz também que faltam informações para os agentes do setor elétrico. Pelo método AHP a competitividade e demanda não representa para Soares uma barreira significativa, e este afirma que se UTEs dispõem atualmente de gás natural a preços baixos, novos empreendimentos não possuem mais esta opção, devendo pagar pelo gás preços que tornam a energia eólicoelétrica competitiva (Soares, 2011).

Finalmente, para Meyer a barreira mais significativa para o desenvolvimento da geração eólicoelétrica que o método AHP identificou é o financiamento, seguido dos componentes e serviços e após estes os procedimentos de rede e a estrutura de mercado, os dois últimos de mesma importância. Coerentemente com sua percepção indicada pelo questionário, o especialista afirma que o planejamento e a sinalização do governo não constituem barreira ao desenvolvimento da geração eólicoelétrica na Argentina (Meyer-Ohlendorf, 2011).

### 5.5.2.2. Brasil

O primeiro especialista entrevistado no Brasil foi Albuquerque. De acordo com os resultados do AHP o especialista considera a infraestrutura do sistema e a regulação ambiental como os principais entraves ao desenvolvimento da geração eólicoelétrica no Brasil, seguidos do preço. O especialista reforça assim a importância do acesso às redes de transmissão e distribuição para escoar a produção de eletricidade, avaliando as duas opções disponíveis para o empreendedor eólico:

- Participação em uma ICG
- Construção própria do sistema para conexão

Segundo o especialista, embora a participação em uma ICG possa permitir uma redução de custos, esta participação expõe o empreendedor a fatores de risco externos de um projeto que este não controla, como atrasos. Além disto, o especialista afirma que a construção própria da conexão com a rede de transmissão ou distribuição possibilita futuramente a expropriação das instalações pelo Estado visando atender demanda crescente de cargas na região do gerador. Segundo o especialista, apesar de ter de arcar com os custos de construção, isto constitui uma vantagem para o empreendedor por livrá-lo dos custos de operação e manutenção do sistema (Albuquerque, 2011a).

O especialista afirma ser necessária a edição de uma resolução do CONAMA para a energia eólica, pois atualmente cada órgão ambiental estadual “diz qual o limite de implantação de cada parque” (Albuquerque, 2011c). Ademais, a questão fundiária pode surgir como um fator de entrave nos próximos leilões, embora isto ainda deva ser verificado. Pode haver problemas com terras para empreendimentos eólicos devido a diferenças entre unidades de medição e formas de georeferenciamento, além da ocupação indevida das terras (Albuquerque, 2011b; Albuquerque, 2011c).

Para Dutra duas barreiras claramente representam os principais entraves ao desenvolvimento da geração eólicoelétrica no país: Primeiramente os procedimentos de rede, e em seguida a regulação ambiental. Segundo o especialista as ICGs representam um mecanismo

importante para a redução de custos, mas é necessário realizar reforços da rede que exigem um planejamento de longo prazo, superior assim ao planejamento das ICGs. Ademais, o especialista afirma que um reforço da interligação do subsistema NE (que possui grande potencial eólico) com o subsistema SE-CO é um passo natural para o SIN. A regulação ambiental representa, para Dutra, uma barreira ao desenvolvimento de projetos, indicando, contudo, que a situação para o licenciamento de usinas eólicas varia significativamente entre estados. Finalmente, o especialista não enxerga barreiras significativas na posição de qualquer ator do setor, seja sociedade, governo ou empresas, havendo apenas o jogo de interesses natural a qualquer ramo econômico (Dutra, 2011).

Os resultados do AHP para o especialista Pereira indicam uma maior importância primeiramente para a infraestrutura do sistema, e em seguida para a competitividade e demanda e a posição do setor elétrico, em mesmo nível. A barreira de competitividade e demanda se refere, para o especialista, à competição da geração eólica com outras fontes, especialmente o gás natural e a nuclear. Ademais, o governo pode não realizar leilões para a fonte eólica todos os anos, e assim estes podem não ser sustentados.

O especialista indica que há resistência por parte do setor elétrico para com a fonte eólica, por exemplo por parte das concessionárias. Contudo, ele indica que estas, ao menos, não possuem poder para impedir o desenvolvimento da geração eólica, pois sua participação nos leilões de energia é obrigatória, restando, contudo, a resistência de outros atores do setor. Finalmente, futuramente o processo de licenciamento ambiental pode se tornar um problema, havendo indícios em estados como o Ceará, mas o método AHP não indica ser uma preocupação atualmente, pelo menos (Pereira, 2011).

O AHP para Costa ressalta a importância da estrutura de mercado para o desenvolvimento da energia eólica, tendo também importância as barreiras de componentes e serviços, competitividade e demanda e infraestrutura do sistema, em igual nível. Na entrevista o especialista indicou a existência de barreiras de entrada a pequenos geradores no ambiente de contratação livre.

Quanto às outras barreiras indicadas como relevantes, pode haver gargalos de logística para os projetos (uma barreira de componentes e serviços), e o desenvolvimento da infraestrutura do

sistema para a transmissão da energia eólicoelétrica é dependente da entrada em operação das ICGs, e, ademais, a expansão no nordeste brasileiro pode aumentar os custos de transmissão. Por fim, o especialista indica que a falta de um sinal de longo prazo do governo adiciona incerteza sobre a demanda futura pela geração eólicoelétrica.

Costa indica também a heterogeneidade entre as empresas desenvolvedoras de projetos eólicos, que requerem diferentes taxas de retorno, mas afirma que as empresas geradoras do setor elétrico são favoráveis ao desenvolvimento da energia eólicoelétrica. Quanto à questão da regulação ambiental, que possui alguma importância segundo o método AHP, o especialista percebe a possibilidade de resistência por parte de comunidades afetadas, e defende o estabelecimento de prazos para o processo de licenciamento ambiental. Segundo os resultados do AHP, para Costa a capacidade técnica representa uma barreira de mesma importância que a regulação ambiental, e de fato o especialista ressaltou o alto *turn-over* do setor. Finalmente, Costa acredita que as principais instituições financiadoras de projetos eólicos no país como o BNDES e Banco do Nordeste do Brasil (BNB) tem capacidade para atender a demanda futura por financiamento (Costa, 2011).

A barreira da capacidade técnica, mencionada por Costa, é para Lisboa a de maior importância para o desenvolvimento da geração eólicoelétrica no Brasil, e em seguida se destacam os componentes e serviços e a infraestrutura do sistema. Segundo o especialista falta mão-de-obra adequada para a realização do microposicionamento das turbinas nos projetos eólicos. Analisando o desenvolvimento da tecnologia em regiões interioranas do Brasil, como em Minas Gerais ou na Bahia, ele indica que a logística para a instalação de projetos pode assim representar uma barreira, e que a infraestrutura do sistema também precisa ser desenvolvida nestas áreas.

Por outro lado, a exigência da realização de medições de ventos por três anos para a participação nos leilões de energia nova representa uma barreira de entrada e resultará, segundo o especialista, em uma competição pelos melhores locais e no encarecimento destes. Esta tendência poderia causar uma desaceleração da expansão eólicoelétrica no Brasil (reduzindo custos, como observado na Europa), ou promover o desenvolvimento da tecnologia eólica nas regiões interioranas, menos exploradas que o litoral, e onde os locais são menos valorizados, o que pode resultar em um processo de licenciamento ambiental de menor dificuldade. Contudo, o

especialista indica a ausência de regras específicas para o licenciamento ambiental em Minas Gerais, em acordo com a ausência de regras comuns a todos os estados, como indicado por outros especialistas, embora Lisboa indique que em médio prazo não haja entrave ambiental para projetos eólicoelétricos em regiões interioranas. De fato, a regulação ambiental é a barreira menos significativa para o especialista, segundo o método AHP (Lisboa, 2011a).

Segundo Lisboa, o financiamento (que para o especialista recebe uma avaliação não desprezível) não é uma barreira tão relevante como outras, mas o BNDES poderia introduzir iniciativas como a configuração dos juros e condições de empréstimos de modo a favorecer a compra de aerogeradores tipo IEC I, mais robustos, devido ao tempo de vida de um parque eólico. Ademais, o banco poderia também criar um fundo de créditos de carbono que agregasse os créditos dos parques que financia, atuando como um intermediador e possibilitando a amortização do financiamento com estes créditos (Lisboa, 2011b).

Destacando ainda que por muito tempo a tecnologia eólica terá o apoio da sociedade e não impactará o sistema elétrico de forma significativa, o especialista sugere a integração da geração eólicoelétrica ao Mecanismo de Realocação de Energia (MRE), do qual atualmente participam somente geradores hidroelétricos (Lisboa, 2011a).

Para Matheus quatro barreiras se destacam com relação ao desenvolvimento da geração eólicoelétrica no Brasil: Primeiramente o planejamento e sinalização do governo, e após esta a competitividade e demanda e a posição do setor elétrico (em igual nível), e a regulação ambiental. Segundo o especialista, a expansão planejada pelo governo para a tecnologia para a próxima década e verificada nos últimos leilões é pequena, caso outros fabricantes de aerogeradores se instalem no país. Assim, configura-se um quadro de oferta reprimida, que aliado ao grande potencial eólico brasileiro permitiria uma expansão maior da tecnologia no país.

Quanto à posição do setor elétrico, o especialista afirma que há oposição no setor por parte de fontes não competitivas. Já para solucionar a questão da regulação ambiental ele reforça a necessidade de regras simples e claras, indicando que se poderia expandir o uso do Relatório Ambiental Simplificado (RAS). Ademais, Matheus indica que por vezes a lentidão no licenciamento é resultado da má elaboração de relatórios, e que é necessário respeitar o tempo da



comunidade, e, portanto, acelerar o prazo para tramitação do licenciamento ambiental pode não ser o mais adequado.

Finalmente, o especialista indica que é necessário aumentar a oferta de equipamentos, como torres anemométricas e guindastes de alta capacidade, e que faltam mão-de-obra para serviços auxiliares, mas estas barreiras não apresentam importância pelo método, frente às outras barreiras já mencionadas (Matheus, 2011).

Embora não tenha sido aplicado o questionário a de Souza, a entrevista possibilitou evidenciar sua posição sobre a geração eólicoelétrica no país. Para o especialista esta é atualmente no Brasil uma tecnologia consolidada, devido à experiência recente com os leilões. Segundo ele os principais problemas existentes há alguns anos foram sanados com a realização dos leilões, que tornaram a geração eólicoelétrica competitiva com outras fontes, exceto a hidroelétrica.

O especialista reconhece a necessidade da qualificação de mão-de-obra para o setor, e indica que isto será tratado pelas empresas. Ademais, de Souza indica que ações para o desenvolvimento futuro da energia eólicoelétrica devem visar a atualização do atlas eólico nacional, a identificação de novos locais e possivelmente a tecnologia *off-shore*, mas ressalta que a visão governamental para o setor elétrico deve englobar todas as fontes energéticas, e não somente a eólica (Souza, 2011).

### **5.5.3. Comparação entre Países e Percepção de Especialistas**

Ao se comparar os resultados entre especialistas ou entre países, algumas observações podem ser imediatamente inferidas. Embora não haja uma avaliação consensual sobre a(s) barreira(s) mais importante(s) para o desenvolvimento da geração eólicoelétrica tanto no Brasil quanto na Argentina, as avaliações argentinas indicam a barreira de financiamento com maior ênfase do que a principal barreira brasileira correspondente, a de infraestrutura do sistema.

A distribuição entre grupos também é mais clara na Argentina, com grande ênfase nas barreiras regulatórias e de mercado. Embora no Brasil as barreiras regulatórias e técnicas surjam com mais importância, os grupos de mercado e de atores recebem também avaliações importantes.

Embora a infraestrutura do sistema elétrico na Argentina não seja avaliada por nenhum especialista entre as barreiras mais importantes, ela apresenta uma avaliação mais relevante do

que as outras barreiras técnicas (capacidade técnica e recurso eólico), e também o menor desvio padrão entre as barreiras (exceto as duas mencionadas, consideradas pouco importantes). Ela constitui, assim, a barreira não-desprezível mais consensual que pode ser identificada.

Através do método AHP e das entrevistas pode-se assim indicar as barreiras mais importantes (mas freqüentemente não-consensuais, o que é esperado) para o desenvolvimento da geração eólicoelétrica. As alterações indicadas das avaliações para a melhora da consistência destas não resultam em alterações significativas nas prioridades das barreiras. Na Argentina se destacam as seguintes barreiras, em ordem, com pelo menos uma avaliação média de 50% com relação à barreira mais importante:

- Financiamento
- Estrutura de Mercado
- Procedimentos de Rede

Sendo o financiamento a mais importante, e tendo as seguintes barreiras importância na Argentina, mas secundariamente:

- Competitividade e Demanda
- Posição do Setor Elétrico
- Planejamento e Sinalização do Governo
- Infraestrutura do Sistema
- Preço

Contudo, o planejamento e sinalização do governo é a barreira mais relevante para Kind (2011) na Argentina.

No Brasil destacam-se as seguintes barreiras, pelo mesmo critério:

- Infraestrutura do Sistema

- Estrutura de Mercado
- Regulação Ambiental
- Competitividade e Demanda
- Capacidade Técnica
- Componentes e Serviços
- Planejamento e Sinalização do Governo

Com a infraestrutura do sistema sendo a mais importante, e secundariamente sendo importantes no Brasil:

- Procedimentos de Rede
- Posição do Setor Elétrico

Percebe-se que nenhuma lista das barreiras mais importantes inclui todas aquelas avaliadas por cada especialista como as principais, incluindo as duas listagens para o Brasil 9 das 13 barreiras consideradas. Assim, esta lista indica a limitação da análise das médias das avaliações.

Não se pode afirmar tampouco que as barreiras argentinas por serem mais consensuais são mais importantes que as brasileiras, mas este não é um objetivo do AHP. Como mencionado, esta comparação não é possível com a metodologia atual. O que se pode afirmar é que estas barreiras representam atualmente gargalos mais importantes para a geração eólicoelétrica do que as barreiras identificadas no Brasil, e conseqüentemente medidas para sua superação contribuem mais do que as medidas necessárias no Brasil (relativamente ao tamanho do setor eólico de cada país), que exige uma atuação em um maior número de medidas. Deste modo, a análise das barreiras individuais e das soluções nacionais indicará também as medidas mais importantes para cada país.

## **5.6. Análise Individual de Barreiras**

### **5.6.1. Barreiras de Mercado**

#### **5.6.1.1. Preço**

Em maio de 2012 os preços *spot* do mercado argentino estavam fixos devido ao teto estabelecido de 120 AR\$/MWh, significativamente abaixo dos custos marginais, que atingiram mais de 700 AR\$/MWh. A Secretaria de Energia argentina tem buscado aumentar os preços da energia e reduzir os subsídios para os consumidores, como por exemplo, através da resolução 202/2011, que aumentou os preços pagos para o período de inverno. Apesar disto os preços para consumidores industriais ainda são os mais baixos da região (Inversor Energético & Minero, 2011a). Soares, Kind e Fernández (2009) estabeleceram o custo de geração eólica na Argentina entre 100 e 130 US\$/MWh para projetos com financiamento próprio. Assim, caso o teto argentino fosse ajustado para níveis mais realistas, o próprio preço *spot* seria um preço que poderia remunerar os projetos eólicos adequadamente, e Soares, Kind e Fernández (2009) indicam que o custo de geração através de derivados de petróleo importados em 2008 foi muito maior que o custo da geração eólica. O preço médio ponderado para a energia eolioelétrica do programa GENREN I foi de 126,9 US\$/MWh, estando assim dentro da faixa indicada por Soares, Kind e Fernández (2009).

A alteração do preço teto *spot* pode melhorar a atratividade dos projetos eólicos, sendo desejável que os preços reflitam realisticamente custos de geração, mas diversas outras razões influem sobre a questão, e o preço médio do GENREN (resultante de propostas de empreendedores) reflete o custo estimado da geração eolioelétrica. Possivelmente por isto, nenhum especialista argentino considerou o preço como a barreira mais importante para o desenvolvimento da geração eolioelétrica, embora tampouco este seja considerado não-significativo.

No Brasil o preço é considerado ainda menos significativo como barreira, quando comparado a outras barreiras potenciais. Apesar disto, Albuquerque (2011a) vê este como uma barreira por avaliar que a sociedade deve aceitar pagar preços mais altos pela eletricidade, visto o esgotamento do potencial e outros problemas associados a fontes tradicionais, como a energia hidráulica. De fato, como indica Tolmasquim (2011), o potencial de bacias hidrográficas brasileiras próximas aos grandes centros de consumo apresenta maior grau de aproveitamento, e mesmo grandes empreendimentos hidroelétricos na região norte tem tido seus projetos significativamente limitados para atender requisitos ambientais e socioeconômicos. Ademais, os preços da eletricidade proveniente de fontes fósseis nos leilões de energia nova são comparáveis e mesmo maiores aos obtidos para projetos eólicos.

#### **5.6.1.2. Financiamento**

Os volumes e condições de financiamento de projetos eólicoelétricos surgem como uma das principais barreiras ao desenvolvimento da tecnologia na Argentina, segundo a percepção de diversos especialistas. Assim, é necessário analisar as possíveis fontes de financiamento disponíveis no país.

Embora o Banco de Investimento e Comércio Exterior (BICE) argentino não tenha financiado a construção de parques eólicos, a participação do banco em linhas de transmissão e projetos de geração hidroelétrica, termoelétrica do FONINVEMEM e mesmo solar indicam que o banco poderia ser uma fonte de recursos para o setor eólico argentino, já contando com uma linha de crédito para energias renováveis.

O Banco de Desenvolvimento da América Latina (CAF, da qual a Argentina é membro) possui programas para fontes renováveis de energia e para o financiamento de projetos de pequeno e médio porte que utilizem fontes renováveis, tendo inclusive financiado a linha de transmissão que conectou o sistema elétrico patagônico ao sistema elétrico principal argentino. Assim, mesmo se não se puder obter financiamentos para a construção de parques eólicos de grande porte, é possível utilizar a CAF ao menos para o desenvolvimento dos projetos de engenharia.

Está em processo de preparação um projeto do Banco Interamericano de Desenvolvimento (IDB) para financiar a construção de três parques eólicos na Argentina, totalizando 210 MW de potência, além do banco já financiar estudos para este programa. O Banco Mundial (BM) também financia projetos de geração eólicoelétricos, embora não na Argentina.

Assim, BICE, CAF, IDB e BM representam organismos capazes de financiar projetos eólicos na Argentina, embora como visto até então a atuação neste setor seja contida. Já o parque eólico Arauco foi financiado com aportes dos governos federal e provincial de la Rioja.

Outra opção disponível é a captação, por parte de empresas, de capitais privados através da emissão de obrigações, embora esta opção seja restrita a grandes empresas capazes de atrair investidores interessados. Os parques eólicos de Rawson I e II (80 MW) adjudicados no GENREN foram financiados através da emissão pela companhia EMGASUD de obrigações negociáveis a serem pagas até 2017, com carência até março de 2012 e com uma taxa de juros de 11% nominais ao ano, com pagamentos trimestrais (Moody's, 2011).

As opções indicadas apresentam limitações importantes, já que são restritas a grandes empresas, envolvem atores estrangeiros (podendo aumentar o tempo para a conclusão do acordo de financiamento) ou não são suficientes para promover o número de projetos eólicos já contratados no quadro dos programas GENREN. Ademais, mesmo a emissão de obrigações pela EMGASUD só foi possível com uma taxa alta de juros, e os juros cobrados pelo BICE também são usualmente de dois dígitos.

Assim, na Argentina a melhora das condições e volumes de financiamento envolve algumas ações:

- Maior participação do setor financeiro privado
- Melhora das condições de financiamento (taxa de juros)
- Ampliação da linha de crédito do BICE

No Brasil o financiamento de parques eólicos é realizado principalmente por bancos públicos, especialmente o BNDES e BNB, até o limite de financiamento destas instituições. A

linha de crédito para fontes alternativas de energia elétrica do BNDES permite ao banco uma participação de até 90% no projeto, e tem uma taxa de juros composta pelos seguintes itens:

- Taxa de Juros de Longo Prazo (TJLP)
- Remuneração Básica do BNDES (0,9 % a.a.)
- Taxa de Risco de Crédito (até 3,57 % a.a.)
- Taxa de Intermediação Financeira (0,5 % a.a., somente para grandes empresas)
- Remuneração da Instituição Intermediadora (no caso da participação desta)

Como a TJLP é baseada na meta de inflação e um prêmio de risco a taxa de juros do BNDES é usualmente mais baixa do que a taxa de juros de outros mecanismos privados de crédito disponíveis para empresas. O BNB também oferece financiamentos a taxas atrativas, e para 2011 pouco mais de 470 milhões de reais do Fundo Constitucional de Financiamento do Nordeste estavam priorizados para a energia eólica (BNB, 2010).

Embora o financiamento não seja considerado como uma barreira significativa no Brasil, devido principalmente à atuação do BNB e do BNDES, o especialista Lisboa (2011b) indica, como mencionado, algumas mudanças que poderiam ser realizadas no financiamento do BNDES para promover a adoção de equipamentos mais robustos e a comercialização de créditos de carbono. Apesar disto, mesmo o especialista concorda em que o financiamento não é uma barreira relevante quando comparado a outros fatores (Lisboa, 2011b).

### **5.6.1.3. Componentes e Serviços**

A barreira de componentes e serviços surge como de maior relevância no Brasil que na Argentina, comparativamente às outras possíveis barreiras, tanto pelo método AHP quanto pelas entrevistas com os especialistas. De fato, na Argentina somente Meyer-Ohlendorf (2011) avalia pelo AHP os componentes e serviços como uma barreira relevante, mas muito menos que o financiamento, enquanto embora não se destaque, esta barreira surge na avaliação da maioria dos especialistas brasileiros.

Como indicado tanto a Argentina como o Brasil possuem ao menos dois fabricantes de aerogeradores, além de fabricantes de componentes auxiliares como torres. Ademais, Cavalcanti (2011) indica que 13 fabricantes de aerogeradores possuem representação no Brasil, com 8 deles possuindo o financiamento BNDES/FINAME para produção, que exige um conteúdo nacional de 60%.

Coerentemente, a menção de Costa (2011), Lisboa (2011a) e Matheus (2011) à barreira de componentes e serviços se refere não à disponibilidade dos componentes principais de parques eólicos, embora a capacidade de produção de torres eólicas no Brasil ainda seja limitada, mas a gargalos na logística da construção destes parques e à disponibilidade de serviços e componentes de projeto. Enquanto os gargalos resultam da dificuldade de acesso aos sítios (que pode agravar-se em regiões interioranas) e da disponibilidade de equipamentos especiais como guindastes de alta capacidade, a disponibilidade de serviços e componentes de projetos diz respeito à capacidade para realização deste, como no microposicionamento das turbinas e medição do regime de ventos (devido à disponibilidade de torres anemométricas) (Costa, 2011; Lisboa, 2011a; Matheus, 2011). Assim, no Brasil esta barreira deve ser superada através do aumento do número de equipamentos especializados como torres de medição e guindastes, além da melhoria dos caminhos de acesso aos sítios.

Finalmente, embora a barreira não surja como importante na Argentina, é possível que esta situação mude com a implantação dos projetos eólicos, contratados nos programas GENREN ou futuros.

#### **5.6.1.4. Competitividade e Demanda**

A barreira de competitividade e demanda analisa o mercado disponível para a geração eólicoelétrica, resultante da competitividade da tecnologia frente a outras tecnologias de geração e da demanda por novos empreendimentos de geração, no Brasil e na Argentina. Dada a complexidade destes fatores esta barreira é influenciada por muitas questões, e de fato a avaliação entre os especialistas varia correspondentemente, até para um mesmo país.



Na Argentina, Kind (2011) e Barrera (2011) indicam a questão como relevante frente às outras barreiras, embora não seja o principal entrave, enquanto que no Brasil segundo o AHP Matheus (2011) e Pereira (2011) avaliaram a barreira como significativa.

Embora haja uma demanda por projetos de geração na Argentina, decorrente da falta de investimentos no setor desde a crise econômica e epitomizada nos diversos programas do governo para a questão, esta demanda pode ser considerada reprimida, e.g. frente à limitação do consumo de gás natural na Argentina no período de inverno. Assim, embora a geração eólicoelétrica possa atender parte desta demanda, o quadro argentino ainda dificulta a implantação dos projetos. Os programas GENREN I e II aliviam este quadro, e como Soares (2011) indica a disponibilidade e preço de insumos energéticos fósseis na Argentina torna a energia eólicoelétrica competitiva, explicando assim porque a barreira de competitividade e demanda não assume relevância maior para os especialistas do país.

No Brasil Pereira (2011) indica que a demanda por projetos eólicoelétricos no futuro é incerta devido à ausência de garantia de leilões periódicos que incluam a fonte, enquanto que para Matheus (2011) a capacidade a ser instalada anualmente até 2020 segundo o planejamento do governo não é capaz de suportar o número de fabricantes de aerogeradores que se instalarão no país. Perrelli (2010) indica que haverá em 2012 uma capacidade de produção anual de 2750 MW em aerogeradores a partir de 5 fabricantes.

É preciso notar, contudo, que historicamente anúncios da implantação de fábricas de aerogeradores no Brasil não se concretizaram, ou ocorreram com atrasos significativos. Ademais, usualmente procura-se atender o requisito de conteúdo nacional de 60% para obtenção do financiamento do BNDES, e, portanto, muitos componentes podem não ser fabricados no país. Por outro lado, a implantação de fábricas no Brasil pode compor parte de uma estratégia visando à participação em outros mercados eólicoelétricos da América Latina, tornando-se o Brasil um pólo de exportação para a região, estratégia evidenciada por Gautier (2010), embora o autor indique que a capacidade de produção das plantas no Brasil poderá atender toda a demanda da América Latina.

Assim, há efetivamente a possibilidade de haver um descasamento entre a oferta de aerogeradores e a demanda por estes no Brasil, havendo três fatores contribuintes:

- Concretização da instalação de fabricantes no país
- Manutenção ou queda da capacidade instalada planejada brasileira para 2020
- Crescimento fraco de mercados eólicos latinoamericanos, ou existência de barreiras de entrada a aerogeradores brasileiros

Contudo, é preciso notar que a curto e mesmo médio prazo um excedente de produção não seria um entrave ao aumento da capacidade eólicoelétrica instalada no Brasil, embora em longo prazo a deterioração da saúde financeira dos fabricantes possa prejudicá-lo.

## **5.6.2. Barreiras Regulatórias**

### **5.6.2.1. Procedimentos de Rede**

Na Argentina os procedimentos de rede são elaborados pela CAMMESA (embora resoluções da Secretaria de Energia possam alterá-los ou adicionar seções), enquanto que no Brasil eles são elaborados pelo ONS (e sujeitos à aprovação da ANEEL). Por exemplo, como operador do sistema interligado argentina a CAMMESA é responsável pelo despacho econômico do sistema, sendo, porém, os preços do mercado *spot* que administra limitados pela Secretaria de Energia.

Barrera (2011) indica que a CAMMESA deveria facilitar a inserção da energia eólicoelétrica na Argentina, enquanto Soares (2011) afirma que embora a CAMMESA possa atuar mais para favorecer a inserção da energia eólicoelétrica na rede, ela também deve seguir suas atribuições.

No Brasil Dutra (2011) indica os procedimentos de rede como a barreira mais relevante para o desenvolvimento da geração eólicoelétrica no país, devido à importância das ICGs para a redução de custos da tecnologia e promoção desta. De fato, diversos especialistas afirmaram a importância das ICGs para o desenvolvimento da tecnologia, embora Albuquerque (2011a) indique que as ICGs podem não ser a melhor alternativa para conectar o parque eólico à rede de transmissão ou distribuição.

Embora níveis altos de penetração da energia eólicoelétrica possam exigir medidas de despacho para a tecnologia, não houve menção da necessidade destas entre os especialistas, tanto para o Brasil quanto para a Argentina. De fato, frente a capacidade instalada de cada país a

inserção da energia eólicoelétrica não apresenta desafios de despacho, embora reforços de rede (tratados na barreira de infraestrutura do sistema) sejam necessários. Ademais, Argentina e Brasil já possuem seções específicas para a tecnologia eólicoelétrica em seus procedimentos de rede. Embora requisitos de operação possam a primeira vista dificultar a entrada da tecnologia, o estabelecimento de requisitos mínimos podem até permitir uma melhor operação dos próprios parques eólicos no futuro.

#### **5.6.2.2. Estrutura do Mercado**

A estrutura do mercado surge, para muitos especialistas entrevistados, como uma barreira relevante frente às outras, especialmente na Argentina.

Soares (2011) indica o conflito existente entre as diferentes formas de expansão da geração na Argentina:

- Licitações GENREN
- Desenvolvimento independente de projetos pelos geradores (possivelmente com contratos com a CAMMESA)

Aos quais se pode adicionar outros programas capitaneados pelo governo, como o “Acordo para a Gestão e Operação de Projetos 2008-2011”. Mostrou-se que a crise econômica de 1998-2002 e as ações posteriormente adotadas resultaram em uma configuração mal-formulada para o setor elétrico argentino, com desestímulo ao investimento na geração elétrica, descasamento entre custos e preços e incerteza, embora não se possa afirmar que o modelo anterior à crise fosse adequado. Embora existam ações para a resolução este pontos ainda são significativos, e assim a estrutura de mercado surge como barreira significativa.

No Brasil Costa (2011) indica, como mencionado, que existem barreiras de entrada no ACL para empresas geradoras de pequeno porte, enquanto que Lisboa (2011a) indica que a requisição de 3 anos de medições de vento para a participação em leilões representa uma barreira de entrada no ACR, embora o especialista indique que os editais da ANEEL para os leilões estejam bem elaborados.

Dada a percepção de sucesso da tecnologia eólicoelétrica no ACR e a estabilidade do modelo elétrico brasileiro, questões sobre a participação da tecnologia no país devem tender a analisar o ACL, onde é menos significativa. Portanto, questões de estrutura do mercado no Brasil surgem como menos relevantes do que na Argentina, como mencionado e corroborado pela avaliação dos especialistas.

Na Argentina futuras ações para a resolução da barreira de estrutura de mercado devem focar a redução das incertezas e criação de um quadro regulatório estável, com objetivos e atribuições claras. Estas recomendações ainda permitem ampla liberdade na definição de questões cruciais para o setor elétrico, como papel do planejamento energético, participação das empresas privadas e do Estado, atribuições dos órgãos políticos, de regulação e de operação, e finalmente participação e objetivos para as fontes renováveis de energia, entre elas a eólica.

### **5.6.2.3. Regulação Ambiental**

A regulação ambiental para projetos de geração eólicoelétrica é indicada por especialistas brasileiros como uma barreira (especialmente por Albuquerque (2011a), Dutra (2011) e Matheus (2011)), sendo freqüentemente mencionada nas entrevistas. Já na Argentina somente Soares considera o tema uma barreira significativa, segundo o AHP.

A participação nos leilões de geração e transmissão de energia no Brasil só é possível, para todos os projetos, com a apresentação da licença ambiental (prévia, de instalação ou de operação) e respectivos relatórios de impacto ambiental correspondentes à fase do projeto, sendo, contudo, possível a inscrição no leilão com o protocolo do pedido de licenciamento.

Na Argentina, para os programas GENREN o empreendedor é encarregado da obtenção de toda autorização ambiental necessária para a implantação do projeto, devendo apresentar para a licitação somente estudos garantindo a “prefactibilidade ambiental”.

Aqui se referirá às províncias argentinas como estados. Tanto na Argentina quanto no Brasil a responsabilidade pela emissão das licenças e autorizações necessárias para a implantação de parques eólicos (ao menos quando os impactos são limitados a um só estado, caso mais usual) é de responsabilidade estadual. Tanto especialistas argentinos como brasileiros indicam a falta de padronização da regulação ambiental entre estados. Por exemplo, no Brasil empreendimentos de

pequeno impacto ambiental podem apresentar somente o Relatório Ambiental Simplificado (RAS) para obtenção da licença prévia. Como a questão foi regulamentada pelo Conselho Estadual de Meio Ambiente do Rio Grande do Norte basta neste estado o RAS, enquanto no Ceará é necessário o Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) completo. Na Argentina Soares (2011) indica que falta capacidade para realizar o licenciamento ambiental e também que este precisa ser adaptado à energia eólicoelétrica, como mencionado.

Ademais, Chipp (2011) indica outro ponto importante sobre a regulação ambiental no Brasil: o descasamento entre os prazos médios para entrada em operação dos parques eólicos contratados e dos respectivos sistemas de transmissão. Segundo ele, enquanto um parque eólico possui 3 anos para entrada em operação, a contar da realização do leilão de energia nova, o sistema de transmissão entra em operação 3 anos e 7 meses após o mesmo leilão, com um tempo médio para o licenciamento ambiental de 13 meses. Ademais, o licenciamento ambiental é a segunda etapa mais longa segundo o prazo médio, mais curta apenas que a construção do parque eólico.

Claramente, o fato do leilão de transmissão ocorrer 7 meses após o leilão de energia nova também é um fator contribuinte para este descasamento, mas esta seqüência é necessária, pois é no leilão que se conhece os empreendimentos vencedores. Matheus (2011) indica ainda que o processo de licenciamento, por envolver a comunidade afetada, apresenta naturalmente tempos mais longos que devem ser respeitados, e sugere a implantação de um banco de dados de áreas de preservação permanente, que permita identificar rapidamente tais locais. Ademais, o especialista indica que freqüentemente a causa para prazos longos de apreciação do licenciamento é a má qualidade dos relatórios apresentados. É assim também necessário um trabalho das empresas para aprimorar estes relatórios.

Assim, um licenciamento ambiental que apresentasse prazos médios menores e cujos relatórios fossem melhor elaborados, mas que permitisse a adequada participação das comunidades afetadas poderia contribuir fortemente para o desenvolvimento da geração eólicoelétrica no Brasil, devido à importância atribuída para a barreira segundo os especialistas. Chipp (2011) propõe ainda um modelo com locais de conexão pré-estabelecidos, “com a capacidade instalada a ser contratada previamente definida”, o que evitaria o descasamento de

prazos. Esta proposta envolve claramente maiores modificações no setor elétrico brasileiro, e.g. ao dar maior papel ao planejamento energético.

Na Argentina a questão da regulação ambiental não é percebida como tão relevante, mas um desenvolvimento mais sustentado da tecnologia no país pode exacerbar questões já levantadas por Soares (2011).

### **5.6.3. Barreiras de Atores**

#### **5.6.3.1. Posição da Sociedade**

Em nenhum dos dois países analisados a posição da sociedade foi indicada como uma barreira relevante frente às outras pelos especialistas entrevistados. Quando mencionada a posição é indicada como geralmente favorável à tecnologia eólicoelétrica, embora Costa (2011) indique que possa haver resistência por parte de comunidades afetadas pelos parques eólicos, mas mesmo para o especialista a barreira não recebe uma avaliação relevante frente a outras no AHP.

#### **5.6.3.2. Posição do Setor Elétrico**

Dada a heterogeneidade das empresas do setor elétrico, e, portanto, da diversidade de interesses e objetivos, esta barreira pode assumir grande relevância segundo a atuação das empresas. Contudo, a barreira é somente secundariamente relevante para os especialistas de Brasil e Argentina, conforme a seção 5.5.3.

Na Argentina Barrera (2011) e Aguiar (2011) indicam, segundo o AHP, a posição do setor elétrico como relevante. Isto pode ser explicado pela participação das empresas do setor na administração da CAMMESA, órgão para o primeiro especialista crucial para o desenvolvimento da geração eólicoelétrica na Argentina.

No Brasil o AHP para Lisboa (2011a), Matheus (2011) e Pereira (2011) possui uma avaliação significativa para a barreira. Para o último as concessionárias de energia apresentam uma posição refratária à tecnologia, mas pela regulação do setor ainda devem comprar sua energia no ACR, enquanto para Matheus (2011) a oposição no setor é proveniente de geradores com fontes que não são atualmente competitivas.

A avaliação de Pereira (2011) fornece uma interpretação importante sobre a posição do setor elétrico (e mesmo de outros atores) para a geração eólicoelétrica: A influência de um ator sobre o desenvolvimento da tecnologia é tão importante quanto sua posição. Assim, geradores cujas fontes de energia não são competitivas influem no desenvolvimento desta somente se forem capazes de influenciarem a política e regulação para o setor elétrico, brasileiro ou argentino. Ademais, como alguns especialistas indicaram, o setor é sempre sujeito a um jogo de interesses natural entre os atores. Se a tecnologia eólicoelétrica possui qualidades outras fontes também as têm, e podem assim beneficiar igualmente a matriz elétrica.

Estas considerações indicam dois enfoques para a posição de certos atores do setor elétrico argentino: procurar alterar esta posição, o que pode ocorrer naturalmente a medida que a geração eólicoelétrica ganha espaço na matriz elétrica argentina, ou diminuir a influência destes atores. Por exemplo, em uma possível reformulação do setor elétrico argentino pode-se buscar uma maior representatividade para pequenos geradores, fornecendo maior equilíbrio para o setor e beneficiando todas as fontes renováveis não-convencionais.

### **5.6.3.3. Planejamento e Sinalização do Governo**

Segundo a percepção dos especialistas o planejamento e a sinalização do governo é uma barreira mais relevante (comparada às outras) no Brasil do que na Argentina. Apesar disto, para os especialistas a questão surge como uma barreira secundária, excetuados Kind (2011) na Argentina e Matheus (2011) no Brasil.

Como indicado, para Matheus (2011) o governo brasileiro pode promover mais a geração eólicoelétrica planejando uma demanda maior para a tecnologia na próxima década, o que forneceria um melhor sinal para o desenvolvimento de serviços e produtos, e compatibilizaria a demanda com a oferta esperada de aerogeradores no país.

Na Argentina a lei 26.190/2006 fornece uma meta para as fontes renováveis de energia para 2016, e os programas GENREN permitiram uma contratação significativa de parques eólicos no país. Por outro lado, a atividade de planejamento energético do governo argentino (relegada a partir da década de noventa) é retomada por este somente lentamente.

O governo realizou o estudo “Energías Renovables: Diagnóstico, Barreras y Propuestas” (SEN, Fundación Bariloche e REEEP, 2009), onde indica que atores do setor de energias renováveis argentino propõe que se implemente uma política de longo prazo para estas fontes, combinando o planejamento energético e ambiental, e “evitando adotar medidas conjunturais que em longo prazo resultem contraproduativas”. O governo argentino iniciou também um estudo para determinar o potencial energético do país e elabora um plano estratégico para o setor elétrico e o de petróleo e gás, embora o Inversor Energético & Minero (2011b) não faça qualquer menção às fontes renováveis de energia no plano.

Portanto, os programas GENREN representam assim o principal mecanismo de promoção argentina da geração eólicoelétrica, mas como no Brasil não há uma garantia de continuidade das licitações.

#### **5.6.4. Barreiras Técnicas**

##### **5.6.4.1. Capacidade Técnica**

Enquanto na Argentina a capacidade técnica para desenvolvimento e construção de parques eólicos não é considerada uma barreira relevante frente às outras, no Brasil este tópico é importante, para a maioria dos especialistas, embora não crucial. Indica-se assim, no Brasil, a insuficiência de mão-de-obra, tanto de nível técnico como superior, por exemplo na realização do microposicionamento dos aerogeradores (Lisboa, 2011a).

Meios para se promover a formação de mão-de-obra seriam a criação de cursos específicos e o fomento da pesquisa e desenvolvimento. A IEA (2011) indica que o Brasil utilizou aproximadamente 4% de seu orçamento público de 261 milhões de US\$ em 2010 (aproximadamente 10 milhões de US\$) em pesquisa e desenvolvimento para a tecnologia eólicoelétrica, parcela muito inferior à destinada à geração hidroelétrica ou produção de biocombustíveis e também abaixo daquela da maioria dos países analisados, porém comparável em termos absolutos com alguns. Seria preciso considerar, contudo, o investimento privado em P&D, sobre o qual não se possui informações agregadas.

Quanto aos cursos sobre o tema, existem alguns regulares, sendo outros oferecidos esporadicamente, mas é clara a necessidade de mão-de-obra no setor. Assim, para resolver a



questão da capacidade técnica no Brasil é necessário o treinamento, tanto por cursos (com possível participação pública) como por empresas, sendo o aumento da pesquisa e desenvolvimento no país outra alternativa (de caráter complementar).

#### **5.6.4.2. Recurso Eólico**

O recurso eólico, sob os aspectos de qualidade, disponibilidade e conhecimento, não foi considerado por nenhum especialista argentino ou brasileiro como uma barreira significativa à geração eólicoelétrica, com relação às outras. De fato, como indicado ambos os países já publicaram atlas eólicos nacionais, assim como alguns estados e províncias. Ademais, estes levantamentos indicaram um enorme potencial técnico para a geração. Embora Lisboa (2011a) indique que pode haver uma competição pelos melhores locais para parques eólicos isto não significa uma escassez de sítios, e ademais o especialista destaca o desenvolvimento de parques em regiões interioranas do Brasil, menos aproveitadas que o litoral.

#### **5.6.4.3. Infraestrutura do Sistema**

Tanto na Argentina quanto no Brasil é importante a questão da infraestrutura do sistema interligado e do acesso de parques eólicos a este. Enquanto representa uma barreira secundária na Argentina, no Brasil a questão representa uma das barreiras mais relevantes, sendo considerada aquela mais importante para Albuquerque (2011a) e Pereira (2011). Nos dois países as regiões de maior potencial eólico estão distantes dos maiores centros consumidores. Na Argentina, a Patagônia e a região de Buenos Aires e Litoral, e no Brasil o Nordeste e a região Sul, respectivamente.

A Patagônia foi conectada na década de 2000 ao sistema interligado principal argentino, com uma linha de transmissão de 500 kV. Soares (2011) indica que esta poderia ter sua capacidade de transmissão aumentada para fazer frente às necessidades de transmissão dos empreendimentos contratados no programa GENREN I, onde parques eólicos localizados na Patagônia totalizando 655 MW de potência foram contratados, enquanto Giunti (2010) indica a inserção de bancos de capacitores como forma de aumentar a capacidade de transmissão do corredor patagônico. Embora análises de Giunti (2010) e Mylius (2009) indiquem uma inserção

futura significativa da energia eólica no sistema interconectado argentino, estas análises focam momentos hipotéticos de demanda mínima e geração nominal para todos os parques, cuja distribuição geográfica torna o cenário muito improvável. Ademais, as análises incluem grandes parques eólicos como o de Gastre (1350 MW), cujo futuro é incerto.

No Brasil, a transmissão da eletricidade dos parques eólicos para os grandes centros de consumo é menos mencionada pelos especialistas do que a conexão dos parques eólicos ao sistema interligado. De fato, para Dutra (2011) o reforço do sistema de transmissão NE – SE-CO é natural e esperado, sendo o assunto já tratado no Plano Nacional de Expansão de Energia 2020, que indica o andamento de estudos para um novo reforço da conexão seguinte àquele de 2010 (EPE e MME, 2011).

Embora já tenham sido realizados dois leilões de transmissão conduzidos pela ANEEL para obras de reforço da rede básica e instalação de ICGs para conexão de parques eólicos, a questão ainda é considerada relevante pelos especialistas. Além da possibilidade de atrasos na implantação destas obras e do descasamento destas com a entrada em operação dos parques (que pode ser ocasionada, como demonstrado, pelo licenciamento ambiental), outra questão importante é a conexão de parques eólicos localizados em regiões interioranas do Nordeste e Sudeste, onde a infraestrutura do sistema pode requerer maiores reforços para comportar a geração eolioelétrica.

Portanto, enquanto na Argentina o tópico da infraestrutura do sistema como barreira ao desenvolvimento da geração eolioelétrica diz respeito à capacidade de transmissão da eletricidade da Patagônia para as províncias do norte, no Brasil foca-se a conexão dos parques a este sistema. Contudo, na Argentina, devido à conexão recente da Patagônia, da possibilidade de seu reforço e do futuro incerto de grandes parques eólicos ainda não contratados a barreira pode ser considerada secundária para a geração eolioelétrica.

## **5.7. Conclusões do Capítulo**

### **5.7.1. Resultados da Metodologia**

Para a realização deste estudo foi estabelecido um objeto de estudo bem definido que exigiu que certos tópicos importantes recebessem menos atenção. Por exemplo, este trabalho não analisa em detalhes as razões e vantagens de se promover a geração eólicoelétrica no Brasil e na Argentina nem a questão da política industrial para o setor eólico, sendo contudo questões importantes que merecem um estudo detalhado. Caso a decisão favoreça a tecnologia, este estudo indica quais são as barreiras prioritárias para o fomento.

Para a identificação destas foi desenvolvida uma hierarquia que pudesse conter todas as possíveis barreiras ao desenvolvimento da geração eólicoelétrica de grande porte segundo a percepção de especialistas do setor. Ademais, esta barreira poderá ser adaptada para outros estudos. O método de análise hierárquica foi modificado significativamente para atender os objetivos, com algumas modificações principais:

- Ausência de ações potenciais
- Atuação dos decisores como especialistas
- Alteração da escala de avaliação
- Realização adicional de entrevistas

Estas modificações permitiram que se orientasse o AHP de uma problemática de escolha para uma problemática de descrição. Não se procura assim indicar através do método soluções para as barreiras do setor, embora a análise destas e das entrevistas permita indicar quais ações são necessárias, e sim realizar um estudo das barreiras do setor e da percepção dos especialistas. Para atender estes objetivos a conjugação do AHP com entrevistas com os especialistas se revelou adequada, já que o AHP forneceu um ranqueamento destas barreiras enquanto as entrevistas detalharam a visão de cada especialista.

Embora muitos detalhes pudessem ser obtidos somente com as entrevistas a hierarquia do método AHP permitiu um quadro comum de condução das entrevistas, e estas não poderiam tampouco fornecer um ranqueamento claro das barreiras, embora quando havia na entrevista uma indicação das barreiras mais importantes esta foi coerente com o ranqueamento do AHP.

Quanto aos pontos de atenção levantados no capítulo 3, utilizou-se a média das avaliações dos especialistas somente como método preliminar de identificação o modo de normalização distributivo. Ademais, por não se considerar ações potenciais e não haver inclusão de novos critérios na hierarquia as críticas de inversão de *ranking* e ranqueamento de um compromisso não se aplicam ao estudo em questão.

Finalmente, o desenvolvimento do questionário também é um ganho metodológico importante, já que se obteve uma formatação organizada e clara, e que permitiu a apresentação concisa das informações necessárias para o AHP. Sua elaboração exigiu a condução de testes e de diferentes versões que não só conduziram a um questionário final adequado, mas também representaram um ensaio para a aplicação do AHP e das entrevistas, permitindo que se mantivesse um padrão de aplicação desde o primeiro especialista.

### **5.7.2. Barreiras**

A análise de barreiras ao desenvolvimento da geração eólicoelétrica através do método AHP e entrevistas deste capítulo permitiu demonstrar a riqueza e a utilidade da metodologia adotada. Na Argentina as seguintes barreiras assumem maior relevância:

- Financiamento
- Procedimentos de Rede
- Estrutura de Mercado
- Planejamento e Sinalização do Governo

As barreiras de maior relevância no Brasil são em maior número, indicando um menor consenso entre especialistas:

- Infraestrutura do Sistema

- Componentes e Serviços
- Competitividade e Demanda
- Estrutura de Mercado
- Regulação Ambiental
- Planejamento e Sinalização do Governo
- Capacidade Técnica

Na Argentina, o estudo indica a importância do desenvolvimento de fontes de financiamento em maior volume e com condições melhores que os disponíveis atualmente, cuja limitação em volume, condições desfavoráveis ou restrição a grandes empresas dificulta o desenvolvimento da geração eólicoelétrica. Ademais, o fomento da geração eólicoelétrica enfrenta dificuldades de inserção no mercado. Embora os programas GENREN tenham paliado esta questão a estrutura do mercado elétrico argentino torna a participação fora deste mecanismo difícil. Esta barreira se insere no quadro maior do estado do setor elétrico argentino, que tem sofrido alterações constantes desde a crise econômica de 1998-2002 sem uma reforma extensa e planejada.

No Brasil, embora alterações na estrutura do setor elétrico como a inserção de um mecanismo de regulação da energia inspirado no existente para a geração hidroelétrica tenham sido sugeridas, não há uma indicação da necessidade de reformas extensas, embora a incerteza sobre a demanda futura pela geração eólicoelétrica seja frequentemente mencionada. Assim, a indicação de barreiras foca questões mais pontuais, devendo uma ação para a tecnologia focar resolver as questões indicadas, com atuação de todos os envolvidos.

Enquanto o governo brasileiro pode fornecer um melhor sinal de longo prazo para a manutenção e mesmo ampliação da demanda por geração eólicoelétrica, garantir mecanismos corretos para a conexão dos parques eólicos à rede, e atuar no mecanismo de licenciamento ambiental para reduzir os prazos médios, porém mantendo a consideração das questões ambientais e a participação das comunidades envolvidas, as empresas devem procurar aumentar a

qualidade dos estudos de impacto ambiental, também procurando aumentar a capacidade técnica do setor em conjunto com o governo. Contudo, o desenvolvimento da geração eólicoelétrica é dependente da manutenção ou aumento de sua competitividade frente às outras fontes, pois, como indicado, o planejamento energético do governo considera todas as fontes, e assim a própria ausência de um comprometimento mais firme com a tecnologia condiciona seu desenvolvimento à sua competitividade.

Deste modo, questões técnicas assumem na Argentina uma importância menor do que questões econômicas e regulatórias que dificultam a viabilidade financeira dos parques eólicos. A inserção da geração eólicoelétrica na matriz elétrica argentina passa também por um maior planejamento e sinalização do governo para a fonte e para a reformulação do setor elétrico. Como demonstrado no estudo esta não é a única barreira, mas constitui uma questão central, mais importante por exemplo do que a infraestrutura do sistema, que é contudo a barreira técnica mais importante.

Já no Brasil questões técnicas e regulatórias assumem grande importância. A atuação do governo brasileiro nos últimos anos tem contribuído significativamente para a superação de barreiras no setor, mas a incerteza sobre a demanda futura pela tecnologia ainda é uma preocupação. Por outro lado, pode-se argumentar que os atores do setor eólico devem procurar tratar desta incerteza em seus planos estratégicos, já que esta pode ser considerada benéfica para outros atores como o governo, ao lhe fornecer mais liberdade na política energética. Contudo, tanto no Brasil como na Argentina, embora grupos de barreiras possam prevalecer sobre outros somente a análise individual de cada barreira permite a identificação correta das questões que afetam o setor eólicoelétrico. Assim, garantir a demanda pela geração eólicoelétrica no futuro não permitirá desenvolvê-la se outras condições (econômicas, regulatórias, de atores e técnicas) forem atendidas.

### **5.7.3. Percepções dos Agentes**

Enquanto algumas barreiras se destacam devido ao maior consenso entre especialistas ou devido à relevância que assumem para certos especialistas, a análise revela que em ambos os países diversas questões são relevantes para o desenvolvimento da geração eólicoelétrica. Na Argentina as barreiras são mais claras, e, portanto mais relevantes quando comparadas às outras,

mas um menor consenso entre especialistas não invalida o estudo nem a percepção de certos destes especialistas. Diferentes percepções podem ser influenciadas por sua experiência e área de atuação, mas justificar estas diferenças somente por estes fatores necessitaria de uma metodologia desenvolvida especificamente.

Pode-se assim através do método desenvolvido identificar a percepção de diferentes agentes e explicar a razão pela qual certas barreiras são consideradas mais importantes (e mesmo determinar o grau de importância relativa), mas não se pode justificar as diferenças sem uma nova metodologia. Ademais, estas diferenças agregam informações ao estudo de caso, e diferentes opiniões são corretas desde que justificadas pela análise, como neste estudo.

Além de permitir identificar barreiras, a percepção dos especialistas apresentada neste estudo é importante por estes serem também representativos dos atores do setor, responsáveis pelo seu desenvolvimento. Assim, uma percepção negativa, de barreiras importantes e falta de sinalização por parte de todos os atores pode indicar uma menor disposição a investir e desenvolver a geração eólicoelétrica. Deste modo, deficiências da estrutura de mercado ou da insuficiência de mecanismos de promoção, como percebidas na Argentina podem resultar em um menor investimento na geração eólicoelétrica. Por outro lado, mesmo na Argentina não há consenso total sobre as barreiras, e como indicado para o Brasil desenvolvedores de parques eólicos podem apresentar níveis de retorno e risco desejados diferentes.

Portanto, dado o desenvolvimento recente observado da tecnologia esta não apresenta indicações de desaceleração nos dois países, apesar das barreiras identificadas. Contudo, estas barreiras são significativas para os especialistas, e mais marcadas na Argentina, exigindo medidas de superação.

## 6 Conclusão

Este estudo permitiu identificar barreiras à geração eólicoelétrica no Brasil e na Argentina, segundo a percepção de diversos especialistas dos setores elétricos, e a metodologia desenvolvida para este propósito pode ser adaptada para outras tecnologias, especialmente com a modificação da hierarquia de barreiras. A geração eólicoelétrica tem crescido significativamente nos dois países e mundialmente, usualmente graças à atuação dos Estados e devido às preocupações ambientais e de independência energética, e crescente competitividade.

No Brasil e na Argentina a capacidade instalada é baixa (e significativamente menor no último país), mas recentemente diversos parques eólicos foram contratados, com mecanismos específicos. Na Argentina o programa GENREN contratou 954 MW em parques eólicos, com alguns outros parques em desenvolvimento fora do quadro deste programa, enquanto no Brasil os leilões do ambiente de contratação regulada de 2009 a 2011 já contrataram 5782,3 MW, com gradual e significativa redução de preços, embora a maioria ainda não tenha entrado em operação (grande parte dos parques eólicos brasileiros em operação foi contratada no quadro do PROINFA). Os países possuem também diversos incentivos fiscais para as fontes, além de indústrias estabelecidas.

Como a dinâmica do PROINFA indicou, o desenvolvimento destes parques contratados e do setor eólico em geral é influenciado por diversos fatores econômicos, regulatórios, sociais e técnicos, que podem se modificar fortemente. Assim, algumas barreiras à geração eólicoelétrica podem ser superadas com a instituição de programas adequados de desenvolvimento, como indicado por especialistas argentinos e brasileiros, enquanto outras barreiras que atualmente não são importantes podem se revelar cruciais no futuro.

Os MMADs e o AHP em especial são frequentemente utilizados no mundo para o estudo de questões energéticas, embora no Brasil sua aplicação para o setor eólico seja praticamente inexistente. Em um quadro de complexidades e incertezas associadas ao setor e de escassez de estudos o método de análise hierárquica combinado com entrevistas foi adequado para identificar as barreiras atuais e futuras segundo a percepção dos especialistas e uma análise do setor, permitindo a obtenção de grande quantidade de informações, ranqueando as barreiras e esclarecendo os entraves. Ademais, houve excelente correlação entre as barreiras indicadas como



mais importantes pelo AHP e aquelas indicadas pelos especialistas durante as entrevistas, com o AHP esclarecendo posições de barreiras que poderiam parecer próximas na entrevista e as entrevistas indicando as razões pelas quais certas barreiras são mais importantes. As principais alterações realizadas visaram à transformação do AHP para utilização em uma problemática de descrição, principalmente com modificações na etapa de modelagem, o que permitiu simultaneamente evitar os principais pontos de crítica ao AHP que dizem respeito às ações potenciais.

A aplicação da metodologia indicou que em ambos os países diversas barreiras surgem da formação geral dos setores elétricos, resultante do desenvolvimento histórico destes, especialmente na Argentina. Assim, as primeiras reformas dos anos noventa nos dois países forneceram resultados controversos, com a melhora de índices técnicos, mas comprometendo a expansão em longo prazo da capacidade instalada, e enquanto a crise energética de 2001 no Brasil resultou em uma nova reforma do setor que permitiria o desenvolvimento da energia eólica no país a crise econômica argentina da virada do milênio afetou gravemente o setor elétrico, sem haver desde então a aplicação de uma reforma extensa para este. Deste modo, o uso exclusivo de programas e medidas paliativas resulta hoje em barreiras significativas para a geração eólicoelétrica na Argentina, e.g. com a desorganização do mercado elétrico e barreiras à entrada da tecnologia, embora estas mesmas causas resultem em um alto custo da eletricidade que tornaria a energia eólicoelétrica competitiva, se somente os preços refletissem melhor os custos.

Contudo, as barreiras e suas causas não podem ser atribuídas somente ao estado dos setores elétricos. Assim, para os especialistas entrevistados há um maior consenso sobre as barreiras argentinas, onde o financiamento exerce um papel preponderante, havendo insuficiência tanto no volume de recursos disponíveis quanto nas condições de financiamento. No Brasil questões técnicas assumem grande importância, com a infraestrutura do sistema sendo uma barreira considerável para a maioria dos especialistas, preocupados com a capacidade e facilidade de se conectar e transmitir a geração eólicoelétrica para o sistema interligado brasileiro, barreira acima da insuficiência de mão-de-obra ou equipamentos especializados.

No país o planejamento e sinalização do governo são também percebidos como uma barreira importante, mas secundária (embora se deva lembrar que o governo realiza o

planejamento considerando todas as fontes energéticas), conjuntamente com o processo de licenciamento ambiental, este não-padronizado e por vezes lento, embora se deva respeitar o tempo das comunidades envolvidas e o processo seja influenciado pela qualidade dos relatórios ambientais, segundo especialistas brasileiros. Já na Argentina enquanto o licenciamento ambiental não é visto com preocupação o planejamento e sinalização do governo é mais importante, o que é sensato devido à influência deste na reforma necessária do setor, sendo também importante a posição do setor elétrico, tanto pela sua influência nos rumos do setor como pela sua participação em instituições como a CAMMESA.

Por outro lado, a indicação das barreiras percebidas como mais importantes é fundamental não somente para a análise do setor, mas também pelos especialistas representarem os atores deste. Assim, a superação de barreiras vistas como particularmente importantes para a geração eólicoelétrica como o financiamento na Argentina pode não somente permitir um melhor desenvolvimento dos parques eólicos, mas também encorajar o investimento por parte dos agentes do setor (uma diferença sutil).

Dada a situação do setor elétrico argentino, as perspectivas de crescimento da demanda por energia elétrica e a competitividade da fonte nos dois países pode-se afirmar que há uma demanda reprimida pela energia eólicoelétrica. Contudo, isto não significa que haverá uma adequação da demanda com a oferta, especialmente no Brasil, onde especialistas indicaram a necessidade de maior contratação da fonte eólica. Isto dependerá da atuação de cada governo e da competitividade da fonte, embora claramente outros fatores sejam influentes.

Ademais, embora alguns grupos de barreiras possam assumir maior importância, como barreiras econômicas e regulatórias na Argentina ou técnicas e regulatórias no Brasil, o principal resultado do AHP é a importância individual das barreiras e não dos grupos. Apesar de haver diferentes percepções segundo os especialistas, a metodologia desenvolvida não pode nem objetiva explicar as causas das diferenças de percepções, sendo necessário o desenvolvimento de uma metodologia particular.

O estudo apresenta assim principalmente as barreiras mais importantes atualmente para a geração eólicoelétrica e aquelas que poderão ser significativas no futuro, com algumas propostas de solução para estas barreiras (embora algumas sejam extremamente complexas, como aquelas

resultantes da estrutura do mercado elétrico argentino). Contudo, o desenvolvimento futuro da geração eólioelétrica é sujeito a demasiadas incertezas para que se possa afirmar categoricamente que a situação analisada se alterará somente para melhor, com a resolução de barreiras, ou permanecerá estável.

De fato, embora os setores eólicos nos dois países vivam um bom momento com perspectivas de desenvolvimento futuro (ainda mais com a crescente importância dos temas ambientais e de independência energética), esta situação pode mudar. Um período de recessão pode conter a demanda elétrica, uma crise energética pode aumentar a eficiência, reduzindo novamente a demanda, ou outras fontes podem ganhar competitividade e desbancar a fonte eólica, entre vários possíveis acontecimentos. Historicamente o desenvolvimento da fonte já enfrentou desacelerações em diversos países, como na Califórnia na década de oitenta, e mesmo progressos podem ser por vezes atribuídos a fatores externos como uma oferta excedente de aerogeradores.

Ademais, o AHP e as entrevistas foram conduzidos neste estudo antes dos leilões de energia nova de 2011, onde a energia eólioelétrica atingiu preços inusitados no Brasil, abaixo de 100 R\$/MWh, o que levou agentes do setor a levantar dúvidas sobre a factibilidade dos projetos contratados. Embora preços menores possam efetivamente reduzir as margens de segurança dos empreendedores eólicos, é difícil separar críticas válidas de estratégias pela volta da segmentação da fonte nos leilões. Assim, o grande potencial eólico de Brasil e Argentina e as perspectivas de crescimento da demanda fazem com que uma inflexão da tendência seja improvável, excluía uma alteração das políticas governamentais para a fonte. Podem se verificar atrasos nos projetos, mas a estrutura de mercado possui mecanismos para dissuadir comportamentos especulativos ou de risco. Quanto à Argentina, os preços praticados no programa GENREN são muito superiores aos preços brasileiros e em nível adequado segundo os estudos disponíveis.

Deste modo, os resultados do estudo fornecem o quadro atual da geração eólioelétrica nos dois países e os desenvolvimentos futuros das barreiras mais prováveis, salvo as reservas mencionadas. Quanto aos próximos passos possíveis pode-se mencionar:

- Detalhamento de soluções: Dada a complexidade do setor certas soluções para as barreiras podem merecer um estudo individual, como aquelas afetadas pela estrutura do mercado elétrico argentino
- Atualização: O estudo pode ser repetido dentro de um prazo adequado (um ano ou mais) para verificação da alteração das barreiras e comparação com a situação anterior
- Estudo de outras tecnologias: A metodologia pode ser alterada e aplicada a outras tecnologias de geração em processo de desenvolvimento, como a fotovoltaica, em estado mais incipiente
- Estudo geral: A metodologia pode ser aplicada simultaneamente a diversas tecnologias, identificando aquelas mais aptas a se desenvolverem em um horizonte temporal menor em determinado país
- Estudo de outros países: A comparação dos resultados para Brasil e Argentina foi muito frutífera, e a aplicação da metodologia para outros países pode certamente beneficiar a fonte eólica nestes

A condução do estudo no formato original com mais especialistas não conduziria necessariamente a resultados diferentes ou adicionais. Deste modo, a continuação da pesquisa deve versar em uma análise aprofundada das barreiras identificadas (provavelmente com a adoção de outra metodologia) ou mudança do objeto de estudo, para outras tecnologias e países. Embora o estudo atual verse sobre a fonte eólica tanto Brasil como Argentina possuem capacidade para o aproveitamento de outras fontes renováveis de energia, que devem também ter seu papel nas matrizes energéticas.

## Referências

- ACKERMANN, T. (ED.). **Wind Power in Power Systems**. [S.l.] John Wiley & Sons, Ltd, 2005.
- AGUIAR, F. D. **Questionário AHP**, 2011.
- ALBISU, E. Sector: Energia Eléctrica. *In: Diagnósticos Sectoriales*. Estudios Económicos Banco Ciudad de Buenos Aires. [S.l.: s.n.]. 2011.
- ALBUQUERQUE, I. C. DE. **Entrevista**, 10 maio. 2011.
- ALBUQUERQUE, I. C. DE. **Comunicação Eletrônica**, 10 maio. 2011.
- ALBUQUERQUE, I. C. DE. **Comunicação Eletrônica**, 2 ago. 2011.
- ANEEL, AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Atlas de Energia Elétrica do Brasil - 3ª Edição**, 2008.
- ANEEL, AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Resumo Geral dos Novos Empreendimentos de Geração**, 20 jul. 2010.
- ANEEL, AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Acompanhamento das Centrais Geradoras Eólicas**, 15 jun. 2011.
- ARANGO, S.; DYNER, I.; LARSEN, E. R. Lessons from Deregulation: Understanding Electricity Markets in South America. **Utilities Policy**, v. 14, n. 3, p. 196-207, set. 2006.
- BAJAY, S. V. National Energy Policy: Brazil. *In: CUTLER J. CLEVELAND (Ed.). Encyclopedia of Energy*. New York: Elsevier, 2004. p. 111-125.

BANA E COSTA, C. A.; VANSNICK, J.-C. A Critical Analysis of the Eigenvalue Method Used to Derive Priorities in AHP. **European Journal of Operational Research**, v. 187, n. 3, p. 1422-1428, 16 jun. 2008.

BANDEIRA, D. L.; BECKER, J. L.; ROCHA, A. K. Sistemática Multicritério para Priorização de Embarques Marítimos. **RAM. Revista de Administração Mackenzie (Online)**, v. 11, p. 107 - 130, 2010.

BARIN, A. *et al.* Multicriteria Analysis of the Operation of Renewable Energy Sources Taking as Basis the AHP Method and Fuzzy Logic concerning Distributed Generation Systems. **The Online Journal on Electronics and Electrical Engineering**, v. 1, n. 1, p. 52-57, jun. 2009.

BARRERA, J. **Entrevista**, 19 abr. 2011.

BARRERA, M. A.; VITTO, C. **El Plan Energético del Tercer Gobierno Peronista (1973-1976): Potencialidades, Limitaciones y Consecuencias de la Crisis del Petróleo**. *In: III JORNADAS DE ECONOMIA POLÍTICA*. Los Polvorines: 2009

BARROSO, L. A. *et al.* Creating Harmony in South America. **IEEE Power & Energy Magazine**, 2006.

BARSKY, R. B.; KILIAN, L. Oil and the Macroeconomy Since the 1970s. **Journal of Economic Perspectives**, v. 18, n. 4, p. 115-134, 2004.

BARZILAI, J.; LOOTSMA, F. A. Power Relations and Group Aggregation in the Multiplicative AHP and SMART. **Journal of Multi-Criteria Decision Analysis**, v. 6, n. 3, p. 155-165, 1997.

BELTON, V.; STEWART, T. Problem Structuring and Multiple Criteria Decision Analysis. *In: EHRGOTT, M.; FIGUEIRA, J.; GRECO, S. (Eds.). Trends in Multiple Criteria Decision Analysis*. International Series in Operations Research & Management Science. [S.l.] Springer, 2010. .

BEZUTTI, N. Fabricante Eólica Gamesa Inaugura sua Primeira Fábrica no Brasil, que Poderá Responder por 15% de suas Vendas Mundiais. **Jornal da Energia**, 8 jul. 2011.

BNB, BANCO DO NORDESTE DO BRASIL. **Programação FNE 2011**. [S.l.: s.n.]. 2010.

BOUILLE, D.; DUBROVSKY, H.; CRESCENCIA, M. **Reform of the Electric Power Sector In Developing Countries: Case Study of Argentina**. [S.l.] Fundación Bariloche, 2001.

BOUYSSOU, D. Outranking Relations: Do They Have Special Properties? **Journal of Multi-Criteria Decision Analysis**, v. 5, n. 2, p. 99-111, 1996.

CAMMESA, COMPAÑÍA ADMINISTRADORA DEL MERCADO MAYORISTA ELÉCTRICO. **Informe Anual 2008**, 2009.

CAMMESA, COMPAÑÍA ADMINISTRADORA DEL MERCADO MAYORISTA ELÉCTRICO. **Informe Anual 2009**, 2010.

CAVALCANTI, P. **Competitividade Eólica - A Importação de Equipamentos x Produção Local**. *In*: ALL ABOUT ENERGY 2011. , jul. 2011.

CCEE, CÂMARA DE COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA. CCEE. **Página Web**. Disponível em: <<http://www.ccee.org.br/cceeinterdsm/v/index.jsp?vgnextoid=2e09a5c1de88a010VgnVCM100000aa01a8c0RCRD>>. Acesso em: 30 jun. 2011.

CHIPP, H. **Integração e Efeitos da Geração Eólica no Sistema Interligado Nacional**. *In*: ALL ABOUT ENERGY 2011. 8 jul. 2011.

COSTA, L. **Entrevista**, 18 maio. 2011.

DIAKOULAKI, D.; ANTUNES, C. H.; MARTINS, A. G. MCDA and Energy Planning. *In*: FIGUEIRA, J.; GRECO, S.; EHRGOTT, M. (Eds.). **Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys**. [S.l.] Springer, 2005. .

DODD, F. J.; DONEGAN, H. A.; MCMMASTER, T. B. M. Inverse Inconsistency in Analytic Hierarchies. **European Journal of Operational Research**, v. 80, n. 1, p. 86-93, 5 jan. 1995.

DUTRA, R. M. **Entrevista**, 16 maio. 2011.

DUTT, G. S.; NICCHI, F. G.; BRUGNONI, M. Power Sector Reforms in Argentina: an Update. **Energy for Sustainable Development**, v. 3, n. 6, p. 36-54, mar. 1997.

EHRGOTT, M. *et al.* (EDS.). **Multiple Criteria Decision Making for Sustainable Energy and Transportation Systems**. [S.l.] Springer, 2010.

EHRGOTT, M.; FIGUEIRA, J.; GRECO, S. (EDS.). **Trends in Multiple Criteria Decision Analysis**. [S.l.] Springer, 2010.

ELETRORBRÁS. **Relação dos Contratos de 1ª e 2ª Chamada e Remanejamento do PROINFA**, 2005.

ENARSA, ENERGÍA ARGENTINA S.A. **Big Generation Centrals**, 2009.

ENARSA, ENERGÍA ARGENTINA S.A. **Apertura de Sobres Numero Uno - Concurso Privado de Precios N° EE 01/2010**, 2010.

ENARSA, ENERGÍA ARGENTINA S.A. **ENARSA. Página WEB**. Disponível em: <[http://www.enarsa.com.ar/licitacion\\_2010\\_EE07.htm](http://www.enarsa.com.ar/licitacion_2010_EE07.htm)>. Acesso em: 28 jun. 2011.

ENRE, ENTE NACIONAL REGULADOR DE LA ENERGÍA. **Cinco años de Regulación y Control - 1993 - Abril - 1998**. [S.l: s.n.]. 1998.

EPE, EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA.; MME, MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2020 - Documento para Consulta Pública**, 2011.

FERRARI, A.; CUNHA, A. M. As Origens da Crise Argentina: Uma Sugestão de Interpretação. **Economia e Sociedade**, v. 17, p. 47 - 80, 2008.

FIGUEIRA, J.; GRECO, S.; EHRGOTT, M. (EDS.). Introduction. *In: Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys*. [S.l.] Springer, 2005.

FIGUEIRA, J.; GRECO, S.; EHRGOTT, M. (EDS.). **Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys**. [S.l.] Springer, 2005.

GADANO, N. **Determinantes de la Inversión en el Sector Petróleo y Gas de la Argentina: Reformas Económicas**. [S.l.] Comissão Econômica Para a América Latina, 1998.



GARCÍA, J. M. **Relevamiento del Parque Eólico de Argentina**. [S.l.] Instituto de Investigación en Ciencias Sociales, mar. 2006.

GAUTIER, V. **Market Take-Off Drives Localization of Wind Turbine Supply Chain - 2010-2025 Perspective**. *In*: 2010 LAWEA HUATULCO WORKSHOP. 30 abr. 2010.

GIUNTI, R. **Integración de Energía Eólica al SADI**. *In*: 3º CONGRESO SUDAMERICANO DE ENERGIA EÓLICA CON EXPOSICIÓN. dez. 2010.

GOMES, K. G. A. **Um Método Multicritério para Localização de Unidades Celulares de Intendência da FAB**. Rio de Janeiro: Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 2009.

GUITOUNI, A.; MARTEL, J.-M. Tentative Guidelines to Help Choosing an Appropriate MCDA Method. **European Journal of Operational Research**, v. 109, p. 501-521, 1998.

GWEC, GLOBAL WIND ENERGY COUNCIL. **Global Wind Report - Annual Market Update 2010**, 2011. Disponível em: <[www.gwec.net](http://www.gwec.net)>

GWEC, GLOBAL WIND ENERGY COUNCIL. **Global Wind Report - Annual Market Update 2011**, 2012. Disponível em: <[www.gwec.net](http://www.gwec.net)>

HASELIP, J.; POTTER, C. Post-neoliberal Electricity Market “Re-reforms” in Argentina: Diverging from Market Prescriptions? **Energy Policy**, v. 38, n. 2, p. 1168-1176, fev. 2010.

HAU, E. **Wind Turbines - Fundamentals, Technologies, Applications, Economics**. [S.l: s.n.]. 2006.

HEYMANN, D. **Buscando la Tendencia: Crisis Macroeconómica y Recuperación en Argentina**: Estudios y Perspectivas. [S.l: s.n.]. 2006.

HUGHES, L. **Quantifying Energy Security: An Analytic Hierarchy Process approach**. 2009.

HUIZINGH, E. K. R. E.; VROLIJK, H. C. J. A Comparison of Verbal and Numerical Judgments in the Analytic Hierarchy Process. **Organizational Behavior and Human Decision Processes**, v. 70, n. 3, p. 237-247, jun. 1997.

IEA, INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **Clean Energy Progress Report**. [S.l: s.n.]. 2011.

INVERSOR ENERGÉTICO & MINERO. Aumentó un 60% el Precio de la Energía para las Industrias que Compran a Cammesa. 2011.

INVERSOR ENERGÉTICO & MINERO. Convocan a Consultores Privados para Definir un Plan Energético a 20 Años. jul. 2011.

ISAHP. **Proceedings of the 9th International Symposium on the Analytic Hierarchy Process**. **Anais**. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON THE ANALYTIC HIERARCHY PROCESS. Viña del Mar, Chile: ago. 2007. Disponible em: <[www.isahp.org/2007Proceedings/Index.htm](http://www.isahp.org/2007Proceedings/Index.htm)>

ISAHP. **Proceedings of the 10th International Symposium on the Analytic Hierarchy/Network Process**. **Anais**. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON THE ANALYTIC HIERARCHY PROCESS. Viña del Mar, Chile: ago. 2009. Disponible em: <[www.isahp.org/2009Proceedings/index.htm](http://www.isahp.org/2009Proceedings/index.htm)>

ISHIZAKA, A.; BALKENBORG, D.; KAPLAN, T. **Influence of Aggregation and Measurement Scale on Ranking a Compromise Alternative in AHP**, 2009.

ISHIZAKA, A.; LUSTI, M. How to Derive Priorities in AHP: a Comparative Study. **Central European Journal of Operations Research**, v. 14, n. 4, p. 387-400, 1 dez. 2006.

JANNUZZI, G. D. M. *et al.* **Energias Renováveis para Geração de Eletricidade na América Latina: Mercado, Tecnologias e Perspectivas**. [S.l: s.n.]. 2010. <<http://www.procobre.org/pt/biblioteca/?did=37>>

JARDINI, J. A. *et al.* Brazilian Energy Crisis. **Power Engineering Review, IEEE**, v. 22, n. 4, p. 21-24, 2002.

JUNGINGER, M.; FAAIJ, A.; TURKENBURG, W. C. Global experience curves for wind farms. **Energy Policy**, v. 33, n. 2, p. 133-150, jan. 2005.

KALDELLIS, J. K.; ZAFIRAKIS, D. The Wind Energy (r)evolution: A Short Review of a Long History. **Renewable Energy**, v. 36, n. 7, p. 1887-1901, jul. 2011.

KARNI, R.; FEIGIN, P.; BREINER, A. Multicriterion Issues in Energy Policymaking. **European Journal of Operational Research**, v. 56, n. 1, p. 30-40, 10 jan. 1992.

KIND, S. **Entrevista**, 20 abr. 2011.

KOZULJ, R. **The Quest For Energy Security in Argentina**: Series on Trade and Energy Security. [S.l.] International Institute for Sustainable Development, 2010.

LACERDA, A. C. DE *et al.* **Economia Brasileira**. [S.l.] Saraiva, 2006.

LEITE, A. D. **A Energia do Brasil**. 2<sup>a</sup>. ed. [S.l.] Campus, 2007.

LISBOA, A. H. **Entrevista**, 7 jul. 2011.

LISBOA, A. H. **Comunicação Eletrônica**, 4 ago. 2011.

LØKEN, E. Use Of Multicriteria Decision Analysis Methods For Energy Planning Problems. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 11, n. 7, p. 1584-1595, set. 2007.

LUND, P. D. Effects of Energy Policies on Industry Expansion in Renewable Energy. **Renewable Energy**, v. 34, n. 1, p. 53-64, jan. 2009.

MAIN(E) INTERNATIONAL CONSULTING LLC. **Manufacturers of Commercial Scale Wind Turbines and Blades (List)**, 2010.

MARTEL, J.-M. Multicriterion Decision Aid: Methods and Applications. **CORS Bulletin**, v. 33, n. 1, fev. 1999.

MARTINS, D. M. R. **Setor Elétrico Brasileiro: Análise do Investimento de Capital em Usinas Termelétricas**. [S.l.] Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, mar. 2008.

MATHEUS, J. T. **Entrevista**, 14 jul. 2011.

MEYER-OHLENDORF, L. **Entrevista**, 21 abr. 2011.

MME, BRASIL, MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Modelo Institucional do Setor Elétrico**, 17 dez. 2003.

MME, BRASIL, MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Relatório de Empreendimentos no REIDI**, 2011.

MOODY'S. **Emgasud S.A. - Obligaciones Negociables**. [S.l: s.n.]. 2011.

MYLIUS, R. D. M. **Integración de Energía Eólica en el Sistema Argentino de Interconexión Eléctrico**, 2009.

NAGAYAMA, H.; KASHIWAGI, T. Evaluating Electricity Sector Reforms in Argentina: Lessons for Developing Countries? **Journal of Cleaner Production**, v. 15, n. 2, p. 115-130, 2007.

NAVAJAS, F. **Social Tariffs and the Argentine Puzzle**. In: 3º ENCONTRO LATINOAMERICANO DE ECONOMIA DA ENERGIA. Buenos Aires: 19 abr. 2011

ÖTZÜRK, M.; TSOUKIÀS, A. Preference Modelling. In: FIGUEIRA, J.; GRECO, S.; EHRGOTT, M. (Eds.). **Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys**. [S.l.] Springer, 2005. .

PEREIRA, O. L. S. **Entrevista**, 18 maio. 2011.

PÉREZ, J.; JIMENO, J.; MOKOTOFF, E. Another Potential Shortcoming of AHP. **TOP**, v. 14, n. 1, p. 99-111, 1 jun. 2006.

PERRELLI, P. **Geração Eólica**. In: SEMINÁRIO DE ENERGIAS RENOVÁVEIS 2010. , 2010.

PISTONESI, H. **Sistema Eléctrico Argentino: Los Principales Problemas Regulatorios y el Desempeño Posterior a la Reforma**. [S.l: s.n.]. 2000.

PITT BUSINESS. **Thomas L. Saaty**. Disponível em: <<http://www.business.pitt.edu/faculty/saaty.html>>. Acesso em: 16 fev. 2011.

POLLITT, M. Electricity Reform in Argentina: Lessons for Developing Countries. **Energy Economics**, v. 30, n. 4, p. 1536-1567, jul. 2008.

POMEROL, J.-C.; ADAM, F. On the Legacy of Herbert Simon and his Contribution to Decision-making Support Systems and Artificial Intelligence. *In*: GUPTA, J. N. D.; FORGIONNE, G. A.; MORA, M. T. (Eds.). **Intelligent Decision-Making Support Systems (i-DMSS): Foundations, Applications and Challenges**. [S.l.] Springer, 2005. .

RECALDE, M. Energy Policy and Energy Market Performance: The Argentinean Case. **Energy Policy**, v. 39, n. 6, p. 3860-3868, jun. 2011.

RIGHTER, R. W. Pioneering in wind energy: The California experience. **Renewable Energy**, v. 9, n. 1-4, p. 781-784, set. 1996.

ROY, B. (ED.). Paradigms and Challenges. *In*: **Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys**. [S.l.] Springer, 2005.

ROY, B.; VANDERPOOTEN, D. The European School of MCDA: Emergence, Basic Features and Current Works. **Journal of Multi-Criteria Decision Analysis**, v. 5, p. 22-38, 1996.

RUDNICK, H. *et al.* South American Reform Lessons. **IEEE Power & Energy Magazine**, n. 2005-07/08, 2005.

SAATY, T. L. Axiomatic Foundation of the Analytic Hierarchy Process. **Management Science**, v. 32, n. 7, p. 841-855, jul. 1986.

SAATY, T. L. **How To Make A Decision: The Analytic Hierarchy Process**, 1990.

SAATY, T. L. How to Make a Decision: The Analytic Hierarchy Process. **European Journal of Operational Research**, v. 48, n. 1, p. 9-26, 5 set. 1990.

SALO, A. A.; HÄMÄLÄINEN, R. P. On the Measurement of Preferences in the Analytic Hierarchy Process. **Journal of Multi-Criteria Decision Analysis**, v. 6, n. 6, p. 309-319, 1997.

SCHOEMAKER, P. J. H.; WAID, C. C. An Experimental Comparison of Different Approaches to Determining Weights in Additive Utility Models. **Management Science**, v. 28, n. 2, p. 182-196, 1 fev. 1982.

SEN, REPÚBLICA ARGENTINA, SECRETARÍA DE ENERGÍA. **Resolução 1281/2006**, 4 set. 2006.

SEN, REPÚBLICA ARGENTINA, SECRETARÍA DE ENERGÍA. **Resolução 864/2008**, 4 ago. 2008.

SEN, REPÚBLICA ARGENTINA, SECRETARÍA DE ENERGÍA. **Resolução 865/2008**, 4 ago. 2008.

SEN, REPÚBLICA ARGENTINA, SECRETARÍA DE ENERGÍA. **Resolução 866/2008**, 4 ago. 2008.

SEN, R. A., SECRETARÍA DE ENERGÍA. **Adjudicación de Contratos de Abastecimiento de Energía Eléctrica a Partir de Fuentes Renovables**, 2010.

SEN, R. A., SECRETARÍA DE ENERGÍA. **Resolución 3/2011**, 13 jan. 2011.

SEN, R. A., SECRETARÍA DE ENERGÍA. **Resolução 3/2011**, 13 jan. 2011.

SEN, REPÚBLICA ARGENTINA, SECRETARÍA DE ENERGÍA; FUNDACIÓN BARILOCHE; REEEP, R. E. & E. E. P. **Energías Renovables - Diagnósticos, Barreras e Propuestas**, jun. 2009.

SILVA, N. F. DA; ROSA, L. P.; ARAÚJO, M. R. The Utilization of Wind Energy in the Brazilian Electric Sector's Expansion. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 9, n. 3, p. 289-309, jun. 2005.

SOARES, M. **Entrevista**, 20 abr. 2011.

SOARES, M.; KIND, S.; FERNÁNDEZ, O. H. **Estado de la Industria Eólica en Argentina 2009**, 2009.

SOUZA, H. M. DE. **Entrevista**, 7 jun. 2011.

SUAZO, D. **El Proceso de Reestructuración y el Esquema Regulatorio del Sector Eléctrico Argentino - Experiencias, Reflexiones y Perspectivas**, 2004.

TOLMASQUIM, M. T. **Novo Modelo do Setor Elétrico Brasileiro**. [S.l.] Synergia; EPE, 2011.

TSOUKIÀS, A. From decision theory to decision aiding methodology. **European Journal of Operational Research**, v. 187, n. 1, p. 138-161, 16 maio. 2008.

TUNG, S. L.; TANG, S. L. A Comparison of the Saaty's AHP and Modified AHP for Right and Left Eigenvector Inconsistency. **European Journal of Operational Research**, v. 106, n. 1, p. 123-128, 1 abr. 1998.

UNIREN, U. DE R. Y A. DE C. DE S. P. **Proceso de Renegociación de Contratos de Servicios Públicos**. [S.l: s.n.]. 2010.

VARGAS, L. G. Reply to Schenkerman's Avoiding Rank Reversal in AHP Decision Support Models. **European Journal of Operational Research**, v. 74, n. 3, p. 420-425, 5 maio. 1994.

VARGAS, L. G. Comments on Barzilai and Lootsma: Why the Multiplicative AHP Is Invalid: A Practical Counterexample. **Journal of Multi-Criteria Decision Analysis**, v. 6, n. 3, p. 169-170, 1997.

VOROPAI, N. I.; IVANOVA, E. Y. Multi-criteria Decision Analysis Techniques in Electric Power System Expansion Planning. **International Journal of Electrical Power & Energy Systems**, v. 24, n. 1, p. 71-78, jan. 2002.

WANG, J.-J. *et al.* Review on Multi-Criteria Decision Analysis Aid in Sustainable Energy Decision-Making. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 13, n. 9, p. 2263-2278, dez. 2009.

WANG, Y.-M.; CHIN, K.-S.; LUO, Y. Aggregation of Direct and Indirect Judgments in Pairwise Comparison Matrices With a Re-examination of the Criticisms by Bana e Costa and Vansnick. **Information Sciences**, v. 179, n. 3, p. 329-337, 16 jan. 2009.

WIERZBICKI, A. P. The Need for and Possible Methods of Objective Ranking. *In: EHRGOTT, M.; FIGUEIRA, J.; GRECO, S. (Eds.). Trends in Multiple Criteria Decision Analysis. International Series in Operations Research & Management Science. [S.l.] Springer, 2010.*

WYDLER, A. **Estructura Económica y Políticas Industriales en Argentina (1990-2008): De la Apertura al “Piloto Automático”**. *In: III JORNADA DE ECONOMÍA POLÍTICA. Los Polvorines: 2009.*

ZHOU, P.; ANG, B. W.; POH, K. L. Decision Analysis in Energy and Environmental Modeling: An Update. **Energy**, v. 31, n. 14, p. 2604-2622, nov. 2006.

ZOPOUNIDIS, C.; DOUMPOS, M. Multicriteria Classification and Sorting Methods: A Literature Review. **European Journal of Operational Research**, v. 138, n. 2, p. 229-246, 16 abr. 2002.



# ANEXO A – Questionário AHP – Versões em Espanhol e Português

## Barreras para la Energía Eólica en Argentina

El objetivo de este cuestionario es analizar la importancia de diferentes barreras para una generación más grande de energía eléctrica a partir de la fuente eólica en Argentina. Esto es realizado a través de la comparación pareada de estas barreras utilizando el proceso del análisis jerárquico (AHP). Este trabajo será utilizado en la elaboración de una tesis de máster que tiene como objetivo discutir y clasificar las barreras para el desarrollo de la tecnología en Brasil y Argentina.

### 1. ¿Porque analizar las barreras?

Existen pocos trabajos en Argentina que analizan las barreras al desarrollo futuro de la energía eólica, e ningún que indique su importancia relativa. Un trabajo que muestre la percepción de diferentes actores del sector eléctrico y también cuales son las barreras más importantes contribuye para una mejor cooperación entre actores y la superación de las barreras.

### 2. Tempo Estimado

Esto cuestionario requerirá de 21 comparaciones entre dos elementos, para una duración estimada de 45 minutos.

### 3. Delimitación del Problema

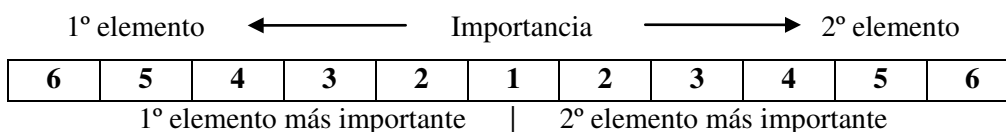
El foco del cuestionario es la generación de energía a partir de la fuente eólica en parques eólicos con aerogeneradores de grande potencia conectados al sistema eléctrico nacional en todos los ambientes de contratación de energía. No se debe así considerar pequeños generadores. Las barreras deben ser analizadas con respecto a la generación de energía eléctrica, y no con respecto a la producción de aerogeneradores en el país, aunque los asuntos sean relacionados.

Aunque cada comparación y el cuestionario sean de rápido completado se debe proveer respuestas que reflejen correctamente la percepción propia de la importancia relativa de cada par de barreras. La importancia es referente a la situación actual, o sea, **un tema normalmente importante para el desarrollo de la generación eólica no debe ser considerado una barrera significativa si es que actualmente ya existan medidas establecidas y adecuadas para su superación.**

# Aplicación del AHP

## 1. Procedimiento

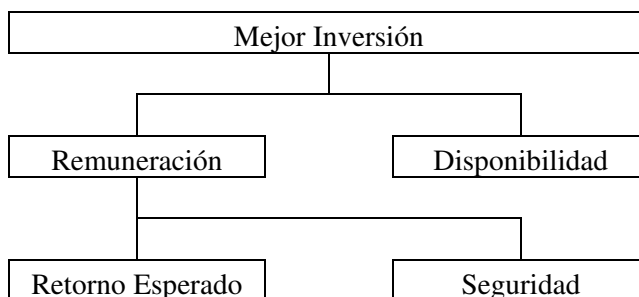
Las barreras fueran clasificadas en 4 grupos, cada uno con 4 o 3 barreras. En el AHP es necesaria la comparación en pares de barreras del mismo grupo como el de los grupos. La comparación es realizada utilizando la siguiente escala de comparación de 1 a 6:



**El valor 1 indica solamente una importancia relativa de mismo nivel entre los dos elementos, sin indicar si ambos son bastante o poco importantes con relación a otros elementos. Todas las comparaciones deben ser respondidas, y con solamente 1 respuesta.**

## 2. Ejemplo

El análisis de la aplicación financiera (por ejemplo una aplicación en un fondo o a la bolsa de valores) adecuada puede ser realizada con el AHP de la siguiente manera:



El ejemplo tiene dos grupos (Remuneración y Disponibilidad), y el primero grupo tiene dos elementos, Retorno Esperado y Seguridad. Un inversionista puede analizar la importancia con la comparación en pares de los elementos y grupos:

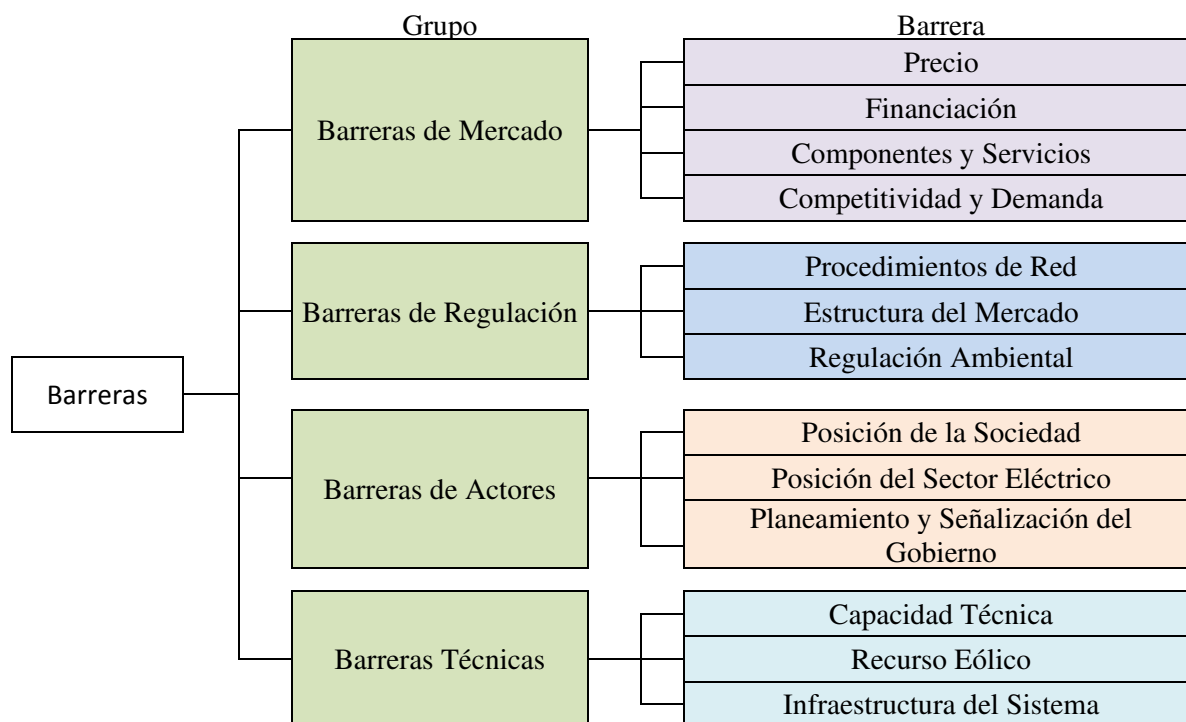
	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	
Remuneración	6	5	X	3	2	1	2	3	4	5	6	Disponibilidad
Retorno Esperado	6	5	4	3	2	X	2	3	4	5	6	Seguridad

La comparación indica una relación de importancia entre los elementos. Por lo tanto, en el ejemplo donde la comparación entre la remuneración y la disponibilidad del capital es 4, la remuneración es 4 veces más importante que la disponibilidad, mientras que el retorno esperado y la seguridad tienen la misma importancia.

**Respuestas 5 o 6 indican una gran importancia e deben ser usadas solamente cuando hay un dominio claro entre los elementos.**

# Barreras

La tabla abajo representa las barreras clasificadas en 4 grupos. **El orden de presentación de las barreras no sugiere cualquier importancia relativa.**



**Debe-se respetar las definiciones presentadas para cada barrera en el cuestionario.** La etapa final del cuestionario envuelve la comparación de grupos de barreras, lo que permite clasificar todas las barreras. Así debe-se analizar los grupos de barreras de acuerdo con sus barreras componentes.

La comparación pareada debe responder la cuestión siguiente:

**¿Qué elemento representa en la actualidad la barrera más grande para la energía eólica?**

Por lo tanto la evaluación debe tener una tendencia para el lado del elemento que representa actualmente la barrera más grande.

Entrevistado: \_\_\_\_\_.

Email: \_\_\_\_\_.

Ocupación: \_\_\_\_\_.

Fecha: \_\_\_\_/\_\_\_\_/2011

**Barreras de Mercado:** Barreras que dificultan económica e directamente proyectos eólicos de generación, debido a las diferencias entre el costo equivalente de generación y el precio de venta de la energía eléctrica, incluyendo la oferta de equipamientos y componentes para parques eólicos, tanto de origen nacional como importados. Aquí se debe tratar solamente de tópicos económicos y financieros.

1. **Precio:** Referente a la conveniencia del precio pagado al generador por la energía eléctrica de fuente eólica para compensar los costos de producción (en todos los ambientes de contratación), como también de las remuneraciones adicionales existentes.

2. **Financiación:** Referente a las condiciones y volúmenes de financiación de bancos privados y públicos disponibles para la construcción de parques eólicos, incluyendo factores intangibles como requisiciones de contenido local.

3. **Componentes y Servicios:** Referente a la oferta y precio de todos los componentes y servicios necesarios para la construcción, operación y mantenimiento de parques eólicos, y que puedan afectar el costo equivalente final de la energía, considerando todos los factores que afectan a estos precios, como costos de mano de obra, materiales e impuestos.

4. **Competitividad y Demanda:** Referente a la existencia de demanda por emprendimientos de generación, y también a la competitividad de la fuente eólica con respecto a otras fuentes productoras de energía eléctrica en el país (considerando solamente factores que resulten en un tratamiento distinto o que sean a favor de otras tecnologías de generación), como diferencias en el recurso energético disponible o externalidades no contabilizadas (costos pagados por la sociedad y no por el generador).

Barreras de Mercado												
1ª Barrera	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	2ª Barrera
Precio	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	Financiación
Precio	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	Componentes y Servicios
Precio	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	Competitividad y Demanda
Financiación	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	Componentes y Servicios
Financiación	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	Competitividad y Demanda
Componentes y Servicios	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	Competitividad y Demanda

**Barreras de Regulación:** Barreras que dificultan el desarrollo de proyectos debido a asuntos estructurales de legislación, regulación y procesos administrativos, imponiendo exigencias complejas o de poca practicidad.

1. **Procedimientos de Red:** Referente a los procedimientos de red impuestos por el operador del sistema interconectado nacional para la conexión y operación de parques eólicos y transmisión de electricidad, incluyendo resoluciones específicas que puedan dar lugar a costos adicionales para la construcción.

2. **Estructura del Mercado:** Referente a la configuración del mercado de energía eléctrica y a las barreras que puedan existir para la participación de la generación eólica, como barreras de entrada en ciertos mercados o el formato de los mecanismos para la contratación de energía.

3. **Regulación Ambiental:** Referentes a los procedimientos necesarios para la obtención de las licencias ambientales de construcción y operación, incluyendo cuestiones intangibles como lentitud en el proceso de evaluación.

Barreras de Regulación												
1ª Barrera	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	2ª Barrera
Procedimientos de Red	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	Estructura del Mercado
Procedimientos de Red	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	Regulación Ambiental
Estructura del Mercado	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	Regulación Ambiental

**Barreras de Actores:** Barreras oriundas del posicionamiento de actores con influencia sobre el desarrollo de proyectos, como el gobierno, compañías del sector eléctrico y industrial y partes de la sociedad involucradas y/o afectadas por los proyectos eólicos.

1. **Posición de la Sociedad:** Referente a la posición de grupos de la sociedad afectados por los parques eólicos y/o contrarios a su desarrollo como también a percepciones negativas y positivas de la sociedad.

2. **Posición del Sector Eléctrico:** Referente a la oposición al desarrollo de parques eólicos de compañías y actores del sector electro de todos los segmentos.

3. **Planeamiento y Señalización del Gobierno:** Referente al posicionamiento del gobierno con respecto al desarrollo de parques eólicos, incluyendo su consideración en planos energéticos y la estabilidad de planos para los sectores eléctricos y/o eólicos.

Barreras de Actores												
1ª Barrera	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	2ª Barrera
Posición de la Sociedad	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	Posición del Sector Eléctrico
Posición de la Sociedad	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	Planeamiento y Señalización del Gobierno
Posición del Sector Eléctrico	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	Planeamiento y Señalización del Gobierno

**Barreras Técnicas:** Barreras resultantes de la insuficiencia de conocimiento y mano de obra calificada en las diversas áreas de la generación eólica, como en la producción de componentes y construcción de parques, evaluación del recurso eólico, desarrollo de proyectos y operación de parques y del sistema eléctrico.

1. **Capacidad Técnica:** Referente a la capacidad y calidad técnica existente de desarrollo y construcción de parques eólicos en el país, o sea, referente a la existencia en cantidad suficiente de empresas y mano de obra que puedan conducir adecuadamente todas las etapas de construcción, operación y mantenimiento de parques. Se debe considerar las cuestiones de costos en las barreras de mercado.

2. **Recurso Eólico:** Referente a la cualidad del recurso eólico en el país, a la disponibilidad de lugares adecuados para parques así mismo al nivel de conocimiento del recurso eólico.

3. **Infraestructura del Sistema:** Referente a la capacidad del sistema interconectado nacional de absorber y transmitir la generación de los parques eólicos.

Barreras Técnicas												
1ª Barrera	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	2ª Barrera
Capacidad Técnica	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	Recurso Eólico
Capacidad Técnica	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	Infraestructura del Sistema
Recurso Eólico	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	Infraestructura del Sistema

**Comparación entre barreras:** Acá de debe comparar los grupos de barreras, considerando que cada grupo es compuesto de las barreras analizadas anteriormente.

Grupos de Barreras												
1º Grupo	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	2º Grupo
Barreras de Mercado	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	Barreras de Regulación
Barreras de Mercado	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	Barreras de Actores
Barreras de Mercado	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	Barreras Técnicas
Barreras de Regulación	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	Barreras de Actores
Barreras de Regulación	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	Barreras Técnicas
Barreras de Actores	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	Barreras Técnicas

# Barreiras para a Energia Eólica no Brasil

O objetivo deste questionário é analisar a importância de diferentes barreiras para uma maior geração de energia elétrica a partir da fonte eólica no Brasil. Isto é realizado através da comparação par a par destas barreiras utilizando o método de análise hierárquica (AHP). Este trabalho será utilizado na elaboração de uma dissertação de mestrado que visa discutir e classificar as barreiras para o desenvolvimento da tecnologia no Brasil e na Argentina.

## 1. Por que analisar as barreiras?

Apesar do desenvolvimento da geração eolielétrica existem poucos trabalhos no Brasil que analisam as barreiras ao desenvolvimento futuro, e nenhum que indique a importância relativa das barreiras. Um trabalho que mostre a percepção dos diferentes atores do setor elétrico e também quais são as barreiras mais importantes contribui para uma maior cooperação entre atores e superação das barreiras.

## 2. Tempo Estimado

Este questionário irá requerer 21 comparações entre dois elementos, para um tempo estimado de 45 min.

## 3. Delimitação do Problema

O foco do questionário é a geração de energia a partir da fonte eólica em parques eólicos com aerogeradores de grande porte conectados ao sistema interligado nacional, em todos os ambientes de contratação. Não se devem assim considerar pequenos aerogeradores. Deve-se analisar as barreiras em relação à geração de energia elétrica, e não em relação à produção de aerogeradores e componentes no país, embora esta questões estejam relacionadas.

Embora cada comparação e o questionário sejam de rápido preenchimento deve-se procurar fornecer respostas que reflitam fielmente a percepção própria da importância relativa de cada par de barreiras. A importância é referente à situação atual, ou seja, **um tópico normalmente importante para o desenvolvimento da geração eolielétrica não deve ser considerado uma barreira importante caso atualmente já existam medidas bem estabelecidas e adequadas para a sua superação.**

# Aplicação do AHP

## 1. Procedimento

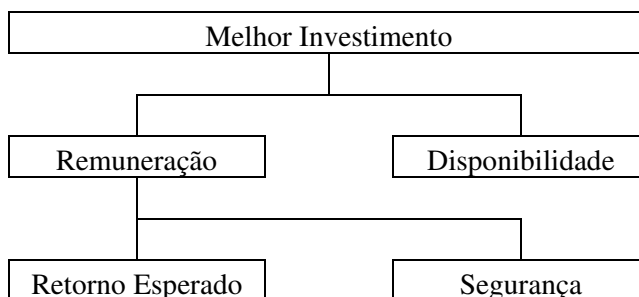
As barreiras foram classificadas em 4 grupos, cada um com 4 ou 3 barreiras. No AHP é necessário a comparação par a par de barreiras do mesmo grupo assim como a comparação par a par de grupos. A comparação entre elementos é realizada utilizando a escala de comparação numérica de 1 a 6 seguinte:

1° elemento	←	Importância	→	2° elemento						
6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6
1° elemento mais importante						2° elemento mais importante				

**O valor 1 indica somente uma importância relativa de mesmo nível entre os elementos, sem indicar se ambos são muito ou pouco importantes com relação a outros elementos. Todas as comparações devem ser respondidas, e com apenas 1 resposta.**

## 2. Exemplo

A análise do investimento financeiro (uma aplicação em um fundo ou na bolsa de valores, por exemplo) mais adequado pode ser realizada no AHP da seguinte forma:



O exemplo tem dois grupos (Remuneração e Disponibilidade), e o primeiro grupo tem dois elementos, Retorno Esperado e Segurança. Um investidor pode analisar a importância com a comparação par a par dos elementos e grupos:

	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	
Remuneração	6	5	X	3	2	1	2	3	4	5	6	Disponibilidade
Retorno Esperado	6	5	4	3	2	X	2	3	4	5	6	Segurança

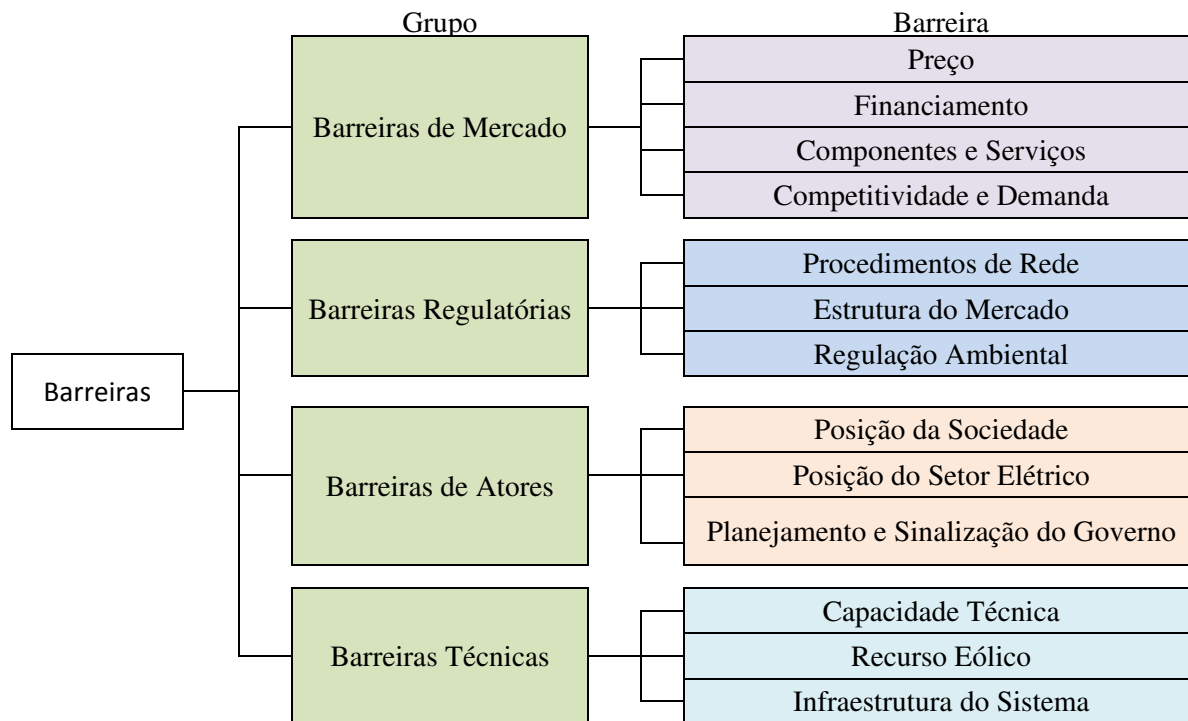
A comparação indica uma razão de importância entre os elementos. Assim, no exemplo onde a comparação entre a remuneração e a disponibilidade do capital é 4, a remuneração é 4 vezes mais importante do que a disponibilidade, enquanto o retorno esperado e a segurança tem a mesma importância.

**Respostas 5 ou 6 indicam uma importância forte e devem ser usadas somente quando há uma dominância clara entre os elementos.**



# Barreiras

A tabela abaixo apresenta as barreiras classificadas em 4 grupos. **A ordem de apresentação das barreiras não sugere qualquer importância relativa.**



**Ao preencher o questionário deve-se procurar respeitar as definições apresentadas para cada barreira.** A etapa final do questionário envolve a comparação de grupos de barreiras, o que permite classificar todas as barreiras entre si. Desse modo deve-se analisar os grupos de barreiras de acordo com suas barreiras componentes.

A comparação par a par deve procurar responder à seguinte questão:

**Qual elemento representa atualmente uma barreira maior para a energia eólica?**

A avaliação deve assim tender para o elemento que representa atualmente a maior barreira.

Entrevistado: \_\_\_\_\_.

Email: \_\_\_\_\_.

Ocupação: \_\_\_\_\_.

Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/2011

**Barreiras de Mercado:** Barreiras que dificultam econômica e diretamente projetos eólicos de geração, devido a diferenças entre o custo equivalente de geração e o preço de venda da energia elétrica, incluindo a oferta de equipamentos e componentes para parques eólicos, tanto de origem nacional como importados.

1. **Preço:** Referente à adequabilidade do preço pago ao gerador pela energia elétrica oriunda da fonte eólica para compensar os custos de produção (em todos os ambientes de contratação), assim como das remunerações adicionais existentes.
2. **Financiamento:** Referente às condições e volumes de financiamento de bancos privados e públicos disponíveis para a construção de parques eólicos, incluindo fatores intangíveis como aquisições de conteúdo local.
3. **Componentes e Serviços:** Referente à oferta e preço de todos os componentes e serviços necessários para a construção, operação e manutenção de parques eólicos, e que possam afetar o custo equivalente final da energia, considerando todos os fatores que afetam estes preços, como custos de mão-de-obra, materiais e impostos.
4. **Competitividade e Demanda:** Referente à existência de demanda por empreendimentos de geração, e também à competitividade da fonte eólica com relação às outras fontes produtoras de energia elétrica no país (englobando somente fatores que resultem em um tratamento diferenciado ou que favoreçam outras tecnologias de geração), como diferenças no recurso energético disponível ou externalidades não-contabilizadas (custos pagos pela sociedade e não pelo gerador).

Barreiras de Mercado												
1ª Barreira	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	2ª Barreira
Preço	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	Financiamento
Preço	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	Componentes e Serviços
Preço	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	Competitividade e Demanda
Financiamento	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	Componentes e Serviços
Financiamento	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	Competitividade e Demanda
Componentes e Serviços	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	Competitividade e Demanda

**Barreiras Regulatórias:** Barreiras que dificultam o desenvolvimento de projetos devido a questões estruturais de legislação e regulação e processos administrativos, impondo exigências complexas ou de pouca praticidade.

1. **Procedimentos de Rede:** Referente aos procedimentos de rede impostos pelo operador do sistema interligado nacional para a conexão e operação de parques eólicos e transmissão da eletricidade, incluindo resoluções específicas que possam acarretar custos adicionais para a construção.
2. **Estrutura do Mercado:** Referente à configuração do mercado de energia elétrica e às barreiras que possam existir para a participação da geração eolielétrica, como barreiras de entrada em certos mercados ou formatação dos mecanismos para contratação de energia.
3. **Regulação Ambiental:** Referentes aos procedimentos necessários para a obtenção das licenças ambientais de instalação e operação, incluindo questões intangíveis como lentidão no processo de avaliação.

Barreiras Regulatórias												
1ª Barreira	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	2ª Barreira
Procedimentos de Rede	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	Estrutura do Mercado
Procedimentos de Rede	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	Regulação Ambiental
Estrutura do Mercado	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	Regulação Ambiental

**Barreiras de Atores:** Barreiras oriundas do posicionamento de atores com influência sobre o desenvolvimento de projetos, como o governo, companhias dos setores elétrico e industrial e partes da sociedade envolvidas e/ou afetadas pelos projetos eólicos.

1. **Posição da Sociedade:** Referente à posição de grupos da sociedade afetados pelos parques eólicos e/ou opostos ao seu desenvolvimento assim como a percepções negativas e positivas da sociedade em geral.
2. **Posição do Setor Elétrico:** Referente à oposição ao desenvolvimento de parques eólicos de companhias e atores do setor elétrico de todos os segmentos.
3. **Planejamento e Sinalização do Governo:** Referente ao posicionamento do governo com relação ao desenvolvimento de parques eólicos, incluindo sua consideração em planos energéticos e a estabilidade dos planos de governo para os setores elétrico e/ou eólico.

Barreiras de Atores												
1ª Barreira	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	2ª Barreira
Posição da Sociedade	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	Posição do Setor Elétrico
Posição da Sociedade	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	Planejamento e Sinalização do Governo
Posição do Setor Elétrico	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	Planejamento e Sinalização do Governo

**Barreiras Técnicas:** Barreiras resultantes da insuficiência de conhecimento e mão de obra qualificada nas diversas áreas requeridas para a geração eólica, como na produção de componentes e construção de parques, avaliação do recurso eólico, desenvolvimento de projetos e operação dos parques e do sistema elétrico.

1. **Capacidade Técnica:** Referente à capacidade e qualidade técnica existente de desenvolvimento e construção de parques eólicos no país, ou seja, referente à existência em quantidade suficiente de empresas e mão de obra que possam conduzir adequadamente todas as etapas da construção, operação e manutenção de parques eólicos. Questões de custo devem ser consideradas nas barreiras de mercado.
2. **Recurso Eólico:** Referente à qualidade do recurso eólico no país, à disponibilidade de locais adequados para parques eólicos assim como ao nível de conhecimento do recurso eólico.
3. **Infraestrutura do Sistema:** Referente à capacidade do sistema interligado nacional de absorção e transmissão da geração dos parques eólicos.

Barreiras Técnicas												
1ª Barreira	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	2ª Barreira
Capacidade Técnica	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	Recurso Eólico
Capacidade Técnica	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	Infraestrutura do Sistema
Recurso Eólico	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	Infraestrutura do Sistema

**Comparação entre barreiras:** Aqui se deve comparar os grupos de barreiras entre si, considerando que cada grupo é composto das barreiras analisadas anteriormente.

Grupos de Barreiras												
1º Grupo	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	2º Grupo
Barreiras de Mercado	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	Barreiras Regulatórias
Barreiras de Mercado	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	Barreiras de Atores
Barreiras de Mercado	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	Barreiras Técnicas
Barreiras Regulatórias	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	Barreiras de Atores
Barreiras Regulatórias	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	Barreiras Técnicas
Barreiras de Atores	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	Barreiras Técnicas