

Energia eólica no Brasil: um estudo da trajetória tecnológica da Companhia Paranaense de Energia - Copel

Zélia Halicki (Universidade Positivo) zhalicki@bol.com.br

Paulo Gomes (Universidade Positivo) par.gomes@hotmail.com

Eliane Fernandes Pietrovski (Universidade Tecnológica Federal do Paraná) eliane@utfpr.edu.br

Sieglinde Kindl da Cunha (Universidade Positivo) skcunha21@gmail.com

Dálcio Roberto dos Reis (Universidade Positivo) dalcio.reis@gmail.com

Resumo:

A energia eólica é uma fonte de energia renovável utilizada para abastecimento em todos os países. Dada a sua importância e buscando analisar os fatores institucionais e sociais surge a questão desta pesquisa: como se dá o processo da trajetória tecnológica da Companhia Paranaense de Energia (Copel) no setor de energia eólica no Brasil? Esta pesquisa objetivou descrever a trajetória tecnológica da Copel, desde as tomadas de decisões para entrar no setor de energia eólica, até os passos para o futuro da organização como agente nesse ambiente inovativo. Esta é uma pesquisa qualitativa, por meio de estudo de caso. Foram coletados dados primários pela entrevista com o gestor responsável pelo processo de implantação do setor e a análise de dados foi a análise de conteúdo. Os dados secundários foram documentos e informações na página eletrônica da Copel. Constatou-se que os aspectos destacados estão em consonância com a literatura sobre os sistemas setoriais de inovação e produção, pois são constituídos por um conjunto de produtos e de agentes relacionados ao mercado. Portanto, o processo de produção de energia eólica possui base específica de conhecimentos, institucionalidades, tecnologias, insumos e demandas que se transformam a partir da co-evolução desses elementos.

Palavras chave: Energia Eólica, Trajetória Tecnológica, Transição Sócio-tecnica, Inovação.

Wind energy in Brazil: a study of the technological trajectory of Paranaense Energy Company - Copel

Abstract

Wind energy is a source of renewable energy used for supply in all countries. Given its importance and seeking to analyze institutional and social factors, the question of this research is: how is the process of the technological trajectory of the Paranaense Energy Company (Copel) in the wind energy sector in Brazil? This research aimed to describe the technological trajectory of Copel from the decision taking in entering the wind energy sector, to the steps for the future of the organization as an agent in this innovative environment. This is a qualitative research, through case study. Primary data were collected by the interview with the manager responsible for the process of implementation of the sector and the analysis of data was the analysis of the content. The secondary data were documents and information taken from Copel's website. It was verified that the highlighted aspects are in agreement with the literature on the sectorial systems of innovation and production, because they are made by a set of products and agents related to the market. Therefore, the wind energy production process has a specific base of knowledge, institutions, technologies, inputs and demands which are transformed by the co-evolution of these elements.

Key-words: Wind Energy, Technological Trajectory, Socio-economic Transition, Innovation.

1. Introdução

A energia eólica pode ser vantajosa, tanto para quem gera como para quem consome, em virtude de o vento ser uma fonte natural e renovável de energia, adequada para a geração de energia elétrica em grande escala. Além disso, usinas eólicas são inofensivas ao meio ambiente, pois estas podem compartilhar terra com pastagens e agricultura, dispensando desapropriações ou deslocamento de populações. A sua implantação é modular e mais rápida do que a de usinas convencionais. Segundo a Companhia Paranaense de Energia (Copel) cerca de 85% do custo instalado se refere à produção de turbinas em escala industrial. Desta forma, as usinas eólicas potencializam a fixação de indústrias, tecnologia e geração de empregos em fabricação, operação e manutenção, na cidade e no campo.

De acordo com a Associação Brasileira de Energia Eólica (ABEEólica), a energia eólica teve seu primeiro indício no Brasil em 1992, com o início da operação comercial do primeiro aerogerador instalado, que foi resultado de uma parceria entre o Centro Brasileiro de Energia Eólica (CBEE) e a Companhia Energética de Pernambuco (CELPE). Nos dez anos seguintes houve pouco avanço para que se consolidasse a energia eólica como uma alternativa de geração de energia elétrica no país, devendo-se parte à falta de políticas públicas que incentivassem a proliferação dos parques geradores, mas o fator principal que impediu o crescimento foi o alto custo da tecnologia.

No presente estudo objetivou-se descrever a trajetória da Copel, no setor de geração de energia eólica, desde a sua decisão de entrar no setor até os passos para o futuro da organização como ator nesse ambiente inovativo.

O estudo inicia abordando aspectos fundamentais acerca das inovações tecnológicas sob a ótica dos principais autores que tratam da temática. Na sequência abordam-se os sistemas nacionais de inovação e sistemas regionais de inovação. A metodologia apresenta a descrição metodológica do estudo e caracteriza-se a empresa estudada. Em seguida é apresentada a análise dos dados coletados na entrevista com o responsável pela gestão do processo de implantação de energia eólica e nos documentos disponíveis. As considerações finais sumarizam o estudo.

2. Inovações tecnológicas

Quando se considera a transformação setorial induzida pela tecnologia, dois tipos de setores empresariais tornam-se relevantes. Por um lado, há, obviamente, os setores que estão diretamente envolvidos no desenvolvimento, produção e comercialização de novas tecnologias. Estes setores podem ser caracterizados como tendo um alto grau de atividade inovativa, sendo exemplos os setores químico e farmacêutico, indústria automobilística, os setores de energia e telecomunicações, ou da indústria aeroespacial.

Nestes setores, geralmente referidos como sistemas de inovação setoriais (MALERBA, 2004), a mudança setorial induzida por tecnologia pode derivar dos processos de inovação interna e de novas tecnologias desenvolvidas em outros setores - especialmente das novas tecnologias de informação e comunicação - que são adaptados para as demandas específicas do setor que utiliza. Um caso típico em questão é a transição atual na produção de energia. Ela é baseada no desenvolvimento interno das novas tecnologias de produção de energia descentralizadas e flexíveis, bem como sobre a implementação de novas tecnologias de informação e comunicação desenvolvidas externamente, que ao mesmo tempo promovem novas possibilidades para o gerenciamento centralizado de sistemas de energia complexos e distribuídos (DOLATA, 2013).

Por outro lado, há outros setores econômicos importantes que não podem ser caracterizados como sistemas de inovação. Em vez disso, esses setores utilizam principalmente tecnologias desenvolvidas em outros lugares e as adaptam através de processos de co-invenção de uma forma específica para o setor (PEREZ, 2004). Esta é uma característica das indústrias da música e de mídia ou bancário e financeiro, onde as novas tecnologias, induzem mudança setorial, infiltram-se principalmente para o setor a partir do exterior. Uma vez que estes setores predominantemente utilizam tecnologias desenvolvidas externamente, o seu funcionamento também pode ser seriamente alterado pelas novas oportunidades tecnológicas, realidade esta que ocorre com o setor de energia, objeto deste estudo. Mais uma vez, são as tecnologias que podem desencadear processos substanciais de reestruturação setorial.

O surgimento de novas tecnologias não é somente responsável por realinhamentos ou abertura de novos mercados, mas também forma a base e desencadeia grandes mudanças estruturais nos processos produtivos, bem como nas instituições que normalmente devem se reorganizar para permanecerem no mercado em que estão inseridas (DOLATA, 2013).

Nesse processo de transformação, também surgem novos atores que normalmente exercem pressão nos regimes existentes os quais também exercem pressão sobre os atores para que haja um reposicionamento estratégico organizacional.

Importante aqui destacar que os atores são os produtores, fornecedores, consumidores, agentes políticos de fomento ou regulação, agentes de desenvolvimento tecnológico, instituições científicas e mídias, dentre outros, podendo ser classificados em corporativos, individuais e os alheios ao processo, como os não adeptos de uma tecnologia que pregam o seu não uso. Dolata (2013) destaca que esses atores interagem entre si, cooperando ou competindo e o autor classifica tais interações como: interação competitiva, interação cooperativa, interação por meio de negociação e interação com a sociedade civil.

A estrutura socioeconômica de um setor, os arranjos institucionais e o perfil tecnológico constituem a base a partir da qual toda a atividade setorial ocorre, porém, esta forma não é toda estática ou determinista, surge em interações sociais e depois mesmo quando estabilizadas, são submetidas a reinterpretações contínuas por meio de rivalidade ou cooperação entre os envolvidos (DOLATA, 2013).

Geels (2004) destaca que ocorrem mudanças pressionadas ou orientadas pela variação de elementos identificados como regimes sociotécnicos, entre os quais estão: cultura e significação simbólica, infraestrutura, tecnologia, mercado e práticas usuais, política setorial, conhecimento técnico-científico, redes industriais e jogos estratégicos. Esse tipo de afirmativa leva a se pensar que a formação de processos *path-dependence* é diferente nos diversos setores produtivos, uma vez que as características sociais, culturais e políticas que podem determinar a trajetória do fenômeno são específicas de cada setor e que algumas delas podem ter mais peso do que as outras em alguns setores observados. O processo central para transições é uma mudança de sistemas de crenças, ideologias e opinião pública. Tais mudanças não só influenciam as preferências e valores do consumidor, mas também criam uma pressão na credibilidade e legitimidade para os decisores políticos para introduzirem regulamentos estritos (GEELS, 2004).

Dolata (2013) destaca que cada ator pode ter uma adaptabilidade às mudanças diferente e que a transformação gradual indica a mudança como sendo o passo-a-passo em um longo período de tempo, mesmo quando se trata de uma mudança radical. Novas tecnologias ou mesmo avanços substanciais em tecnologias existentes desencadeiam processos de adaptação de longo alcance como ajustamentos organizacionais e institucionais e são eficazes como incentivos para mudanças socioeconômicas e institucionais, mas também, pode-se destacar como principal

condutor de transformações, as oportunidades que surgem pelo aparecimento de novas tecnologias (DOLATA, 2013).

Dolata (2013) destaca também que a maneira que um setor é capaz de lidar com os desafios causados pelas novas tecnologias pode ser atribuída a um conjunto de fatores cuja interação sugere variantes distintas de adaptação setorial e transformação induzida por tecnologia e que o ponto de partida para qualquer análise da mudança setorial induzida pela tecnologia é questionar como os atores estabelecidos reagem a novas oportunidades tecnológicas que vão contra os seus princípios orientadores, padrões organizacionais e rotinas. Salienta então, o autor, que os atores reagem com bloqueio de estratégias para manter o status quo e para atrasar a adaptação, mesmo quando sob pressão significativa para mudar.

A mudança tecnológica também exerce grande pressão sobre o modo existente de um setor de regulamentação, um modo que, ao mesmo tempo, constitui as condições iniciais de como um setor lida com as novas tecnologias. Muitas vezes as estruturas socioeconômicas existentes do setor e arranjos institucionais além de garantir a estabilidade setorial proporcionam atores e processos ou formas para que estes atores encontrem caminhos ou processos desviantes ou alternativos.

2.1 Sistema Nacional de Inovação

Sistemas de inovação têm sido estudados em diferentes níveis, variando de sistemas nacionais de inovação (LUNDVALL, 1992; FREEMAN, 1987; NELSON, 1993) para sistemas regionais de inovação. O conceito de sistemas nacionais de inovação foi desenvolvido na década de 1980 e está associada principalmente com Freeman (1987), Lundvall (1992) e Nelson (1993). Adotando uma visão holística da inovação, em vez de se concentrar nos aspectos isolados do processo, o conceito de Sistema Nacional de Inovação enfatiza a interação dos atores envolvidos na inovação e analisa como as interações originais são moldadas por fatores sociais, institucionais e políticos (FAGERBERG e VERSPAGEN, 2009).

Lundvall (1992) enfatiza o papel da interação para a produção e a disseminação do conhecimento novo e valioso, abandonando uma visão setorial a favor de uma visão mais ampla do ambiente institucional nacional. Sublinhando o papel do Estado-nação, Lundvall delinea três grandes blocos de construção de um Sistema Nacional de Inovação. O primeiro trata de bloco de construção com as fontes de inovação e as ações de agentes que levam à inovação, pelo aprendizado e pela busca e exploração. O segundo bloco de construção distingue dois tipos de inovação que são: radical e incremental. Finalmente, instituições não-mercado formam o terceiro bloco de construção. Para estes, Lundvall (1992) distingue entre a interação do utilizador-produtor como uma importante forma de troca de conhecimentos e instituições e sua função na redução da incerteza. Estas instituições desempenham um papel particularmente central no conceito de Sistema Nacional de Inovação (SCHREMPF et al., 2013).

Pavitt (1985) destaca que se existe um bom sistema, estrutura ou instituição, que pode ser explicado pelo SNI. Como tal, se um país tem desenvolvido um bom quadro, outros podem confiar para aprender com ele, dependendo do grau em que as suas instituições e práticas sociais existentes são semelhantes. Desta forma, todos os atores (por exemplo, empresas, consumidores, universidades, organizações públicas, etc.) experimentam um processo de aprender fazendo ou aprender uns com os outros através da troca de conhecimento, aprender interagindo.

Já o sistema Setorial de Inovação (SSI), segundo Malerba (2003), é um conjunto de produtos novos e estabelecidos para uso específico, e um conjunto de agentes que realizam atividades e interações de mercado e de não-mercado para a criação, produção e venda desses produtos. O autor descreve um SSI por meio de três dimensões que são responsáveis pela geração de novas

tecnologias e da inovação, o conhecimento e domínio tecnológico, os atores e cadeias, e as instituições, as quais formam os pilares fundamentais do conceito de sistemas setoriais de inovação (MALERBA, 2003) como resultado da interação de diversas lógicas funcionais, da complexidade e dinamicidade, beneficiando a inovação, que raramente ocorre de forma isolada.

O sistema setorial é composto por três eixos distintos: domínio de conhecimento e tecnologia; agentes e relações; e instituições. O primeiro refere-se à distinção que pode ser feita de setor para setor a partir dos seus conhecimentos específicos, tecnologias e insumos. O conhecimento e a tecnologia constituem os elementos restritivos em todo o conjunto de comportamentos e organização das empresas em um sistema setorial. O segundo está relacionado à heterogeneidade dos agentes que compõem o setor, que podem ser individuais ou organizacionais. Nos agentes organizacionais são encontradas as empresas, como usuários, produtores e fornecedores de matéria-prima, e organizações não-empresariais, como universidades, instituições financeiras, agências do governo, bem como organizações que podem ter maior ou menor nível de agregação, como consumidores, departamentos de P&D ou associações industriais. O terceiro trata das instituições. São elas que regem as interações entre os agentes e podem ser em forma de normas, rotinas, hábitos, práticas, regras, leis, entre outras. Nessa concepção destacam-se as relações importantes entre as instituições nacionais e as setoriais, uma vez que as nacionais exercem diferentes influências nos diversos setores de um país (MALERBA, 2003).

A noção de sistema setorial põe ênfase na estrutura do sistema em termos de produtos, agentes, conhecimento e tecnologias e sobre sua dinâmica e transformação. Em termos gerais, pode-se dizer que um sistema setorial é um resultado que emerge do coletivo, da interação e co-evolução de seus vários elementos (MALERBA, 2002, p. 251).

O autor reconhece os sistemas setoriais de inovação e produção como constituídos por um conjunto de produtos e de agentes direta ou indiretamente relacionados ao mercado. Deve entender que estes agentes podem ser indivíduos ou organizações em vários níveis de agregação, com processos específicos de aprendizado, competências, estruturas organizacionais, crenças, objetivos e comportamentos, que interagem através de processos de comunicação, trocas, cooperações, competições e comandos.

Outro enfoque é que um sistema setorial possui uma base específica de conhecimentos, institucionalidades, tecnologias, insumos e demandas que se transforma a partir da co-evolução desses próprios elementos (MALERBA, 2002). Os Sistemas Setoriais de Inovação (SSI) atuam como forma de reestruturação produtiva, para desenvolver as diversas formas possíveis de transformações através da interação de vários setores. Surge através do interesse coletivo pela formação de sistemas que fortalece as chances de inovação e sobrevivência no mercado competitivo (MALERBA, 2002).

3. Metodologia

O presente estudo de natureza qualitativa, utilizou-se do método de estudo de caso (EISENHARDT, 1989), com entrevista em profundidade (GODOI, 2006), cuja técnica de análise de dados foi a análise de conteúdo (BARDIN, 2009) para descrever a forma como a Copel se estabeleceu como um ator importante no setor de geração de energia elétrica a partir da fonte eólica.

A entrevista seguiu a perspectiva de Merriam (2009), com questões abertas, flexíveis e exploratórias, buscando conhecer o ambiente e a temática em estudo. Para a entrevista seguiu-

se um roteiro semiestruturado. Assim, segundo a autora, é possível extrair significados e descrições analíticas de diversos domínios como escrito, oral e de imagens.

Já a análise de conteúdo, segundo Bardin (2009) representa um conjunto de técnicas de análise das comunicações para as quais se utiliza procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do que contém nas mensagens. Os dados primários para realização desta pesquisa foram coletados por meio de entrevista com o engenheiro responsável, lotado na Copel Renováveis S.A., no dia 21 de junho de 2016, identificado na análise como (E1). Também foram coletados dados secundários pelos documentos e dados disponibilizados na página eletrônica da Copel.

Justifica-se a definição da amostra pela empresa caracterizar-se como uma investidora potencial no setor. A escolha do entrevistado foi baseada no conhecimento que ele possui a respeito do assunto, além da vivência nas pesquisas realizadas na metade da década de 1990, que permitiram criar o mapa dos ventos no Paraná, além da participação nos primeiros esforços da companhia em implementar a geração de energia elétrica a partir da força dos ventos.

3.1 Caracterização do objeto de estudo: Copel

No dia 26 de outubro de 1954, o então governador do Estado do Paraná, Bento Munhoz da Rocha Netto, assinou o Decreto N° 14.947 criando a Companhia Paranaense de Energia Elétrica (Copel). A empresa nasceu para prover a infraestrutura do estado, gerando, transmitindo e distribuindo energia elétrica para a população do Paraná, fomentando o desenvolvimento da região. Em 14 de agosto de 1979 passou a se chamar Companhia Paranaense de Energia, ampliando seu escopo para além da energia elétrica.

Em 2000 a empresa passou pelo processo de desverticalização, o que significou separar a companhia em subsidiárias com finalidades específicas na cadeia da energia elétrica. Atualmente a Copel é uma *holding* com uma controladora (Copel) e 5 subsidiárias: Copel Geração e Transmissão S.A.; Copel Distribuição S.A.; Copel Telecomunicações S.A.; Copel Comercialização S.A.; e Copel Renováveis S.A.

Desde sua criação a Copel teve grande vocação para a produção de energia elétrica a partir da geração hidráulica, tendo em vista o Paraná ser um estado rico em recursos hídricos, e de fácil represamento para a instalação de usinas hidrelétricas. Assim, a Copel tem atualmente um parque gerador próprio com 16 usinas hidrelétricas. Também fazem parte do parque gerador outras usinas hidrelétricas nas quais a Copel tem participação acionária, num total de 6 usinas.

A companhia vem, gradativamente, ampliando o mix de fontes geradoras na sua matriz energética. Além das usinas hidrelétricas, a Copel possui 1 usina termelétrica a carvão, 1 usina a gás natural, 6 complexos de geração de energia eólica, compostos por 40 parques eólicos. Recentemente, a Copel vem ampliando significativamente seus investimentos em energia eólica. A primeira usina entrou em operação em 1999, tendo sido construída pela empresa Centrais Eólica do Paraná - Ceolpar, uma empresa de propósito específico, constituída pela Copel (30%) e a Wobben Windpower (70%).

Em 2008 a Copel adquiriu a parte da Wobben e em 2012 a ANEEL transferiu a concessão da Ceolpar para a Copel. Em dezembro de 2013 a Copel adquiriu dois complexos no Nordeste, no estado do Rio Grande do Norte, abrindo nova fase de investimentos no setor de produção de energia eólica. Desde então, foram adquiridos mais 3 complexos eólicos, com os quais a companhia totaliza 663 MW de capacidade eólica.

4. Setor de geração de energia eólica

Segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), a matriz energética brasileira tem a seguinte configuração, em seu histórico entre 2013 e 2015 (TABELA 1).

Tipo	Renovável	2013 (em %)	2014 (em %)	2015 (em %)
Hidráulica	Sim	79,2	74,1	71,1
Gás Natural	Não	11,2	13,5	13,0
Óleo Diesel	Não	2,6	4,3	3,8
Eólica	Sim	0,8	1,2	3,7
Carvão	Não	2,7	2,7	3,3
Nuclear	Não	2,8	2,9	2,8
Biomassa	Sim	0,2	0,1	1,2
Outros	Não	0,5	1,1	1,2

Fonte: ANEEL, Boletim de Informações Gerenciais, dez (2015)

Tabela 1 – Matriz energética brasileira

Cabe destacar que a maior evolução de participação na matriz energética foi a de fonte eólica, saltando de 0,8% em 2013 para 3,7% em 2015, o que representou um aumento de 462% no período. A maior redução de participação na matriz, no período, foi da fonte hidráulica, tendo reduzido em 8,1% sua participação. De maneira geral, as fontes renováveis tiveram uma redução de 4,2% na matriz, enquanto as fontes não renováveis tiveram um aumento de 4,3% na matriz energética. Tal crescimento se deu devido aos problemas no regime de chuvas no Brasil no período, o que provocou a entrada de energia de fontes térmicas no sistema elétrico nacional, como gás natural e carvão.

Segundo a Associação Brasileira de Energia Eólica (ABEEólica) a energia eólica no Brasil teve seu início em 1992 com a instalação da operação comercial do primeiro aerogerador, que foi resultado de uma parceria entre o Centro Brasileiro de Energia Eólica (CBEE) e a Companhia Energética de Pernambuco (CELPE). Nos dez anos seguintes houve pouco avanço para que se consolidasse a energia eólica como uma alternativa de geração de energia elétrica no país, devendo-se parte à falta de políticas públicas que incentivassem a proliferação dos parques geradores, mas o fator principal que impediu o crescimento foi o alto custo da tecnologia.

Em 2001 criou-se o Programa Emergencial de Energia Eólica para incentivar a contratação de empreendimentos de geração de energia eólica com a finalidade de combater a crise energética. O programa não foi bem-sucedido, sendo substituído em 2003 pelo Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica, o PROINFA. Segundo a ABEEólica “Além de incentivar o desenvolvimento das fontes renováveis na matriz energética, o PROINFA abriu caminho para a fixação da indústria de componentes e turbinas eólicas no país”.

Em 2009 ocorreu o primeiro leilão de comercialização de energia voltado exclusivamente para a fonte eólica dentro do Segundo Leilão de Energia de Reserva (LER). Nesse leilão foram contratados 1,8 GW em energia gerada a partir de parques eólicos, o que abriu as portas para novos leilões nos anos seguintes. Em 2010 no Terceiro LER foram contratados 2 GW de energia eólica, e em 2011, nos diversos leilões, foram contratados mais 2,9 GW. Entre 2012 e 2016 já foram contratados em leilões 7,4 GW de energia proveniente de fonte eólica, com entregas para o mercado a partir de 2016.

Dados da ABEEólica informam que atualmente existem 400 usinas instaladas, com capacidade instalada de 10 GW e mais 8,37 GW em construção, sendo que para final de 2017 a entidade projeta que estarão em operação na matriz energética brasileira 8,7 GW.

4.2 Setor de energia eólica da Copel

Com o propósito de avaliar o potencial eólico do Paraná, no ano de 1994, a Copel implementou o Projeto Ventar. O projeto levantou o potencial de 25 locais em diferentes regiões do Paraná.

A campanha de medições foi realizada com a instalação de estações anemográficas (equipamentos que medem e registram os dados relativos à velocidade e direção de vento) em locais previamente escolhidos em diferentes áreas do Estado do Paraná.

No mapa eólico do Paraná identificam-se as áreas mais promissoras ao aproveitamento da energia eólica, foi elaborado pela coleta interpretação dos seguintes dados:

- Informações obtidas do Projeto Ventar;
- Dados de vento de algumas estações meteorológicas do Instituto Agrônomo do Paraná (Iapar);
- Arquivo digital com os dados de relevo do Centro de Hidráulica e Hidrologia Professor Parigot de Souza – Universidade Federal do Paraná - Copel/UFPR (Cehpar);
- Base cartográfica da Secretaria de Estado do Meio Ambiente (Sema), Laboratório Integrado de Sensoriamento Remoto do Paraná (Liserp) e da Companhia de Saneamento do Paraná (Sanepar);
- Mapa do uso do solo da Sema/Liserp.

De acordo com dados disponibilizados na página eletrônica da Copel, o mapa temático da distribuição dos recursos eólicos sobre o Paraná foi realizado a partir de:

- Medições anemométricas obtidas por rede de 25 anemógrafos digitais, instalados em locais especialmente selecionados dentro do Estado (Copel/DEC/|CDE - Projeto Ventar, 1995-1998)
- Ajustes climatológicos: correlação e ajuste dos dados medidos, em relação às médias climatológicas de longo prazo (15 anos) registradas pelas estações da rede meteorológica do Iapar;
- Extrapolação para o território paranaense: realizada por *software* (WASP e WindMap), a partir da superposição dos seguintes modelos geográficos do Paraná · Modelo Digital de Relevo elaborado a partir do banco de dados topográficos do Cehapar-Copel/UFPR; Modelo Digital de Rugosidade elaborado pela associação de parâmetros de rugosidade às diversas classes de cobertura vegetal indicadas no mapa do Uso do solo do Paraná (Sema/Liserp). Base Cartográfica fornecida pela Sema/Liserp e Sanepar; O mapa temático resultante foi realizado originalmente na resolução de 2x2 km (área mínima de representatividade), e apresenta as condições médias previstas para 50 metros de altura.

No regime sazonal, em termos das médias mensais, a velocidade do vento apresenta maior intensidade nos períodos de inverno e primavera, coincidindo com a estiagem na região Sudeste do Brasil. Este fato sinaliza um potencial de sinergia na integração das fontes eólica e hidráulica no Sistema Elétrico Interligado. A geração eólica é mais intensa nos meses em que a tarifa industrial (horossazonal) é mais elevada. Sobre o território paranaense, dois fatores principais conduzem o movimento atmosférico: um centro de alta pressão no oceano faz predominarem os ventos de quadrante Nordeste e as frentes frias, de periodicidade irregular variam a direção do vento em 360°. O efeito secundário de diferenças térmicas e de relevo também age em escala microrregional.

No tempo de minutos a dias, o vento apresenta grande variabilidade. O regime diurno, na escala de médias anuais para cada hora do dia, mostra diferenças entre o regime de ventos no litoral e no planalto, causadas pela influência dos efeitos locais e de mesoescala como brisas marinhas e outros mecanismos térmicos e orográficos. De modo geral, todo o interior do Paraná apresenta regimes diurnos semelhantes: médias menores no período da tarde.

No regime interanual, a variabilidade do potencial eólico é muito pequena (<10%) se comparada com a do potencial hídrico (>50%). A fonte eólica não apresenta uma produção

regular de acordo com o tempo. Porém, sua participação no sistema elétrico interligado, de base predominantemente hídrica, poderá diminuir o risco de baixa nos reservatórios durante os anos de estiagem. A geração eólica pode aumentar a capacidade firme do sistema hidrelétrico.

5. Análise da trajetória do processo de implantação de geração de energia eólica

Na Copel a Diretoria de Desenvolvimento de Negócios, por meio da sua coordenadoria técnica de fontes renováveis, é a responsável pela prospecção de oportunidades de negócios com fontes renováveis de geração de energia, como biomassa, solar e eólica. Conforme definido na estrutura societária da companhia, após efetivadas as aquisições ou executados os projetos, a gestão e operação das unidades geradoras passam a fazer parte da Copel Renováveis S.A. É o caso das usinas eólicas em operação e em construção, que foram estudadas e adquiridas pela Copel Holding e transferidas para a Copel Renováveis.

Ao iniciar a entrevista perguntou-se ao entrevistado como se deu o início do processo da energia eólica na Copel. O entrevistado inicia destacando que se deu no início de 1990, mais fortemente na Europa. Destaca que com o choque de petróleo na década de 70, 80, houve maior investimento em fontes alternativas de energia, alternativas ao petróleo, normalmente, para gerar energia. Então, “passada a crise do petróleo, diminuam os incentivos, o preço do petróleo estava mais baixo, já esquecia e voltava né”. No entanto, a partir dos anos 1990 a Europa começou a investir mesmo, e na tentativa de limpar a matriz energética, começou a ter muitos projetos de energia eólica, principalmente, na Alemanha. Então a “Europa começou a oferecer oportunidade em países em desenvolvimento, em treinamento, né, pra avaliar os projetos em energias renováveis”. Foi então que a Copel começou a receber propostas de cursos e treinamentos e a pensar “bom, mas no Paraná nós temos vento pra isso”, e, a empresa então inicia suas pesquisas relacionadas aos dados de ventos do Estado do Paraná para ver se eram apropriados para se gerar energia.

A partir dessa ideia inicial, a empresa fez toda a pesquisa necessária, identificando as fontes que já faziam a medição dos ventos no Estado e buscando encontrar alternativas de locais com condições de ventos mais eficazes à produção de energia eólica. Destaca o entrevistado que não havia uma estrutura para detectar os ventos para fins energéticos, mas somente para fins do setor de agricultura e aeronáutica. Para a geração de energia a Copel teve que adaptar-se ao que se tinha em termos de tecnologias e reestruturar-se no sentido de melhorar os processos de captação dos ventos. Desta forma, pode-se inferir que tal ação está em consonância com uma inovação incremental (PEREZ, 2004), pois aproveitou-se da estrutura já existente (a medição dos ventos para outros setores como agricultura e aeronáutica).

No que tange ao processo de parcerias para o início da implantação das usinas, tendo sido a primeira a Usina de Palmas em 1999, houve uma parceria com um fabricante de aerogeradores sendo que este forneceu todos os equipamentos e a “Copel entrou com a infraestrutura necessária para a implantação da Usina. Então, o valor financeiramente ficou uma parceria 70/30” (E1). Nesse caso a COPEL ficou com a participação de 30% e a empresa fabricante dos equipamentos aerogeradores 30%. O entrevistado explicou que o maior investimento em uma usina trata-se dos equipamentos aerogeradores e que quando se trata da estrutura refere-se a toda a infraestrutura que inclui o *know how*, o local de instalação dos equipamentos, a parte do licenciamento, etc. Cabe aqui destacar que o conhecimento e a tecnologia constituem os elementos restritivos em todo o conjunto de comportamentos e organização das empresas em um sistema setorial (MALERBA, 2003). Ainda relata o entrevistado que toda a regulamentação do setor de energia é feito pela ANEEL.

A ANEEL que regulamenta o setor elétrico nacional e normalmente ela coloca em audiência pública né, as novas resoluções pra que os agentes possam sugerir, defender, alternativas né. E, normalmente, tem uma audiência mesmo, né, que eles pedem contribuições, você manda, depois na audiência lá são apresentadas e discutidas as contribuições. Essa é a oportunidade que a Copel, tem de participar, se bem que na prática não acontece muita coisa, né! Porque, eles oferecem uma minuta que você não consegue persuadi-los dentro daquilo. É muito complicado, né, você convencer a ANEEL de alguma coisa (E1).

Porém, o entrevistado acrescenta que a legislação tem avançado em relação ao setor, assim e que, embora ainda não seja o ideal para o modelo, têm sido percebidos muitos avanços.

O entrevistado destaca ainda que o processo de energia eólica começa a movimentar o setor, como por exemplo a abertura no Brasil de indústrias produtoras de aerogeradores como a ENERCON em Sorocaba. Ressalta também que o BNDES para financiar a instalação de usinas exige que determinado percentual de equipamentos sejam nacionais, fato esse que incentiva a expansão de indústrias produtoras de equipamentos necessários para o funcionamento de uma usina, podendo-se aí, inferir-se a importância das Instituições para determinar as regras no sentido de contribuir para a expansão do setor (MALERBA, 2003).

Ao ser abordada a questão que diz respeito à negociação com os proprietários dos locais onde são projetadas as instalações dos aerogeradores, o entrevistado relata a grande diferença em relação a hidroelétrica pois, “com a hidroelétrica, você tem deslocar aquelas pessoas que moram na região e a energia eólica não, você pode usar só a área que vai ser utilizada, praticamente, a base para o aerogerador”. Isso no ponto de vista do entrevistado é uma questão positiva pois o proprietário do local onde se instala o aerogerador pode continuar com a produção, normal que existe, podendo o mesmo conviver com a existência do equipamento sem quaisquer problemas. Nesse sentido visualiza-se a atuação do sistema setorial como forma de reestruturação produtiva desenvolvendo diversas formas possíveis de transformações pela interação de vários setores. Surge do interesse coletivo pela formação de sistemas que fortalece as chances de inovação e sobrevivência no mercado competitivo (MALERBA, 2002).

O entrevistado aponta ainda outra diferença com a hidroelétrica, a de não haver a desapropriação, mas somente um contrato de arrendamento da área a ser utilizada para a instalação do equipamento. Isto também representa uma receita para o proprietário do local caracterizando-se como um dos atores (MALERBA, 2003) de relacionamento do setor e de importância para a comunidade como um todo no sentido de que “a energia eólica, ela pode conviver com as atividades que já são desenvolvidas na região, não precisa deslocar as famílias, no caso” (E1).

Além do impacto social destacado acima, questionou-se se esse processo de implantação dos aerogeradores causa algum tipo de impacto ambiental ao que o entrevistado destaca que “o impacto maior da usina eólica é o impacto visual, a alteração da paisagem”, portanto isto posto tal impacto é relevante quando se buscam alternativas com menos impactos negativos ao meio ambiente. Porém, ressalta o entrevistado que mesmo não causando danos ambientais, não é permitido a instalação de aerogeradores em locais de preservação ou rotas migratórias de pássaros. Tal regulamentação está a cargo do CONAMA ao qual a Copel sempre respeita no que tange às diretrizes vigentes.

A Figura 1 apresenta os pilares fundamentais no sistema de implantação de energia eólica da Copel desde a mensuração dos ventos até os aspectos de legislação, apoiado nos estudos de Malerba (2003).

Domínio de conhecimento e tecnologia	Agentes e relações	Instituições
Mensuração dos ventos	Estrutura do IAPAR	PROINFA – programa de incentivo para fontes renováveis.
Fabricação dos aerogeradores	Empresa fabricante de aerogeradores	Empresa de Pesquisa Energética
Domínio de mercado	Associação brasileira de vendedores de energia eólica	
Legislação de incentivo e restrições	Governo estadual	

Figura 1 - Pilares no sistema de implantação de energia eólica da Copel

Fonte: Autores

O sistema setorial compartilha das principais categorias de análise evolucionárias, com ênfase à interação dos agentes que compõem o sistema, interação esta mediada por instituições. Este processo de interação, por sua vez, encontra-se na raiz da evolução do sistema, o que lhe confere um caráter essencialmente dinâmico, não estático, já que o sistema evolui, alterando-se sua composição, sua base de conhecimento, e, mesmo, seus componentes. No entendimento através da entrevista, percebe-se claramente a importância da interação entre os diversos agentes que compõem o setor de energia como um todo, bem como os atores partes da comunidade em geral (MALERBA, 2002).

Ainda, importante fator a ser destacado por meio da entrevista tangencia-se à estratégia da Copel, uma empresa paranaense, no momento em que decide expandir as fronteiras para além do Estado, diz respeito ao relacionamento que a empresa teve que gerenciar com os governadores. Nesse sentido, tal fato é corroborado por Malerba (2003) quando salienta que os atores reagem com bloqueio de estratégias para manter o *status quo* e para atrasar a adaptação, mesmo quando sob pressão significativa para mudar.

5. Considerações finais

Cada ator em uma organização pode ter uma adaptabilidade às mudanças diferente e que a transformação gradual indica a mudança como sendo o passo-a-passo em um longo período de tempo, segundo a visão de Dolata (2013) e, portanto a partir desse entendimento pode-se inferir que o caso relatado nesse estudo aponta para grandes mudanças no setor de energia e também socioeconômicas além é claro da questão ambiental.

Percebe-se que as instituições regulamentadoras, embora inicialmente apresentem resistências, acabam se modificando e promovendo alterações que venham a contribuir no desenvolvimento de novas tecnologias que são apresentadas, como é o caso da energia eólica.

O presente estudo apresentou os aspectos relevantes relatados pela gestão responsável pela implantação das primeiras usinas geradores de energia eólica pela Copel no Brasil. Percebeu-se o árduo trabalho por parte desta empresa no sentido de implantar todo o processo de geração de energia eólico para o qual teve que modificar um sistema existente adaptando-se e por vezes tendo que promover alterações no sistema vigente.

O relacionamento com os atores estabelecidos em um setor, de grande importância e, por muitas vezes barreira para a expansão, conforme descrito pelos autores foi percebida na implantação do processo de energia eólica pela Copel ao ter que adaptar-se às regras estabelecidas, bem como aos incentivos e restrições oferecidos pelo governo estadual.

Conclui-se que os aspectos destacados pelo entrevistado estão em consonância com a literatura sobre os sistemas setoriais de inovação e produção. Estes setores são constituídos por um conjunto de produtos e de agentes relacionados ao mercado e, que estes agentes podem ser

indivíduos ou organizações em vários níveis de agregação, com processos específicos de aprendizado, competências, estruturas organizacionais, crenças, objetivos e comportamentos, que interagem por meio de processos de comunicação, trocas, cooperações, competições e comandos. Isto posto, infere-se que o processo de produção de energia eólica possui base específica de conhecimentos, institucionalidades, tecnologias, insumos e demandas que se transformam a partir da co-evolução desses próprios elementos.

Como recomendação para futuros estudos sugere-se que sejam pesquisados os atores que se relacionam com a Copel, empresa objeto de pesquisa no presente estudo. Desta forma poder-se-á fazer um quadro demonstrativo das ações e percepções sob a ótica dos envolvidos diretamente nesse segmento. Sugere-se também que sejam retomados mais alguns pontos com o entrevistado a fim de aprofundar a análise para um próximo estudo.

Referências

- DOSI, G.** *Technological paradigms and technological trajectories: a suggested interpretation of the determinants and directions of technical change*. Research policy, 11(3), 147-162, 1982.
- EISENHARDT, K. M.** *Building theories from case study research*. Academy of Management Review. v. 14, n. 4, p. 532-550, Oct. 1989.
- FAGERBERG, J., VERSPAGEN, B.** *Innovation studies. The emerging structure of a new scientific field*. Research policy, 2009. 38, 218-233.
- FREEMAN, C.** *Technology Policy and Economic Performance*. London: Pinter, 1987.
- GEELS, F. W.** *Understanding system innovations: a critical literature review and a conceptual synthesis*. System innovation and the transition to sustainability: theory, evidence and policy, 19-47, 2004.
- GODOI, K. C.** *Pesquisa qualitativa em estudos organizacionais: paradigmas, estratégias e métodos*. São Paulo: Saraiva, 2006.
- GRIN, J.; ROTMANS, J.; SCHOT, J.** *Transition to sustainable development: new directions in the study of long term transformative change*. Routledge. NY. 2010.
- LUNDVALL, B. A.** *Innovation as an interactive process from user-producer interaction to the national system of innovation*. In: DOSI, G. et al. (Ed.). *Technical change and economic theory*. London: Pinter, 1988. .
- MALERBA, F.** *Sectoral system of innovation and production*. Research Policy, n.31, n. 2 Feb, 2002.
- MALERBA, F.** *Sectoral Systems and Innovation and Technology Policy*. Revista Brasileira de Inovação. Volume 2, Número 2, Julho Dezembro 2003.
- MERRIAM, S.** *Qualitative research: a guide to design and implementation*. San Francisco, CA: Jossey-Bass,
- Nelson, R. R.** *National Innovation Systems: A Comparative Analysis*, New York: Oxford University Press, 1993.
- PAVITT, K.** *Sectoral patterns of technical change*. Research Policy, n. 13, p. 343-373, 1985.
- PEREZ, C.** *Revoluciones tecnológicas, cambios de paradigma y de marco sócioinstitucional*. In: Aboites, J. e Dutrénit G. *Innovación, aprendizaje y creación de capacidades tecnológicas*. Universidad Autónoma Metropolitana. Unidad Xochimilco. México. p. 13- 46, 2004.
- SCHREMPF, B., KAPLAN, D., SCHROEDER, D.** *National, regional, and sectoral systems of innovation – an overview*. Report for FP7 Project "Progress", 2013.
- SCHUMPETER, J. A.** *Teoria do desenvolvimento econômico*. São Paulo. São Paulo, Ed. Nova Cultural, cap. 2., p 68-99, 1985.