



ENERGIA EÓLICA NO BRASIL: UMA ANÁLISE DAS VANTAGENS E DESVANTAGENS

Área temática: Gestão Ambiental & Sustentabilidade

Rosane Maria Kaspariy

rmkaspariy@gmail.com

Carlos Fernando Jung

carlosfernandojung@gmail.com

Resumo: Este artigo apresenta os resultados de uma pesquisa que teve por finalidade analisar as vantagens e desvantagens para a geração energia eólica no Brasil e perspectivas para ampliação da geração deste tipo de fonte de energia. Para tanto foi realizada uma revisão sistemática de estudos sobre a temática e, na sequência, uma análise e síntese. Este estudo contribui para o planejamento e a tomada de decisão quando da instalação de novos parques eólicos em regiões ainda não exploradas para esta finalidade, mas que podem ter um potencial de geração de energia que atenda os interesses locais. A base para estas discussões é a análise da situação energética atual associada aos Mapas Eólicos e aos projetos de Mecanismos de Desenvolvimento Limpo (MDL). Embora a energia através dos ventos seja utilizada há muitos anos, existem muitas possibilidades de crescimento com a investigação de novas tecnologias e/ou a implantação de sistemas em locais pouco explorados.

Palavras-chaves:

1. Introdução

A energia é um subsídio fundamental para as atividades humanas e utilizada em diferentes territórios e espacialidades geográficas. Cada país possui uma matriz energética específica que está diretamente associada com a disponibilidade dos recursos energéticos em seu território. Pode-se destacar que o potencial energético depende dos recursos naturais disponíveis bem como o conhecimento sobre eles, da mesma forma, um país deve ter conhecimento para o aproveitamento e a recuperação dos recursos, (RAMPINELLI, 2012).

Na matriz energética mundial os combustíveis fósseis correspondem atualmente a 80,9% aproximadamente, enquanto a geração a partir de fontes renováveis representa aproximadamente 12,9%, para o total, está ainda conta com a participação de cerca de 5,8% de energia nuclear, ver Figura 1.

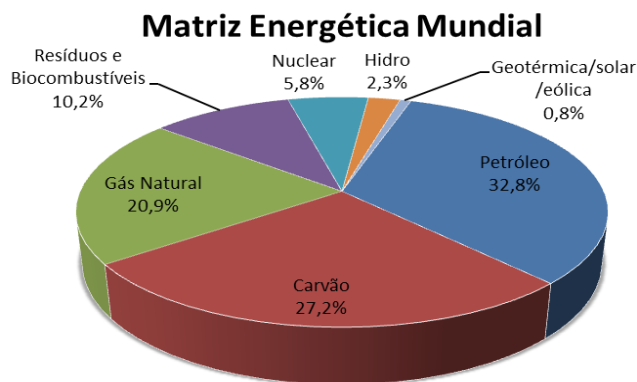


Figura1: Cenário mundial de oferta de energia em 2009
Fonte: Rampinelli (2012)

Segundo Rampinelli (2012), no Brasil o cenário tem uma realidade diferente pois conforme o Balanço Energético Nacional (BEN - 2012), em 2011 a matriz energética brasileira era composta por 44,1% de energias renováveis, o que está muito acima da média mundial que em 2009 era de 12,9%.

Dutra (2013) afirma que no Brasil o consumo de energia per capita ainda é pequeno e por isto, as medidas de eficiência energética não têm tanto impacto como na Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE). Segundo este autor é possível haver desenvolvimento de forma sustentável, sem a diminuição do consumo de energia, aproveitando as energias renováveis disponíveis, como por exemplo a energia eólica. Estes aspectos são importantes quando se trabalha para o desenvolvimento sustentável, projetando na eficiência energética, uma maneira mais efetiva de ao mesmo tempo reduzir os custos e os impactos ambientais locais e globais.

Este artigo apresenta os resultados de uma pesquisa que teve por finalidade analisar as vantagens e desvantagens para a geração energia eólica no Brasil, sob a perspectiva do desenvolvimento do sustentável, visando entender também se existem perspectivas para ampliação da geração deste tipo de fonte de energia.

O trabalho está organizado da seguinte forma: na seção 2 são apresentados os procedimentos metodológicos da pesquisa, na seção 3 a revisão de literatura, a seção 4 apresenta os resultados e discussões acerca do tema proposto e ao final a seção 5 apresenta as conclusões do estudo.

2. Procedimentos metodológicos

Foram utilizados os princípios metodológicos de Hinggens e Green (2011) para definir uma estratégia de seleção dos artigos a serem analisados. Estes critérios de seleção empregados podem, inclusive, auxiliar futuros pesquisadores permitindo resultados semelhantes ao reutilizar os critérios adotados nesta revisão.

Neste sentido, para que o artigo fosse incluído na revisão, foram utilizados os seguintes critérios de seleção: (i) conter a palavra “energia eólica”, “sustentabilidade”, “desenvolvimento sustentável”, no título ou nas palavras chaves; (ii) conter a expressão “energia elétrica” ou “desenvolvimento regional” em qualquer parte do trabalho; (iii) ter sido publicado em português; (iv) ser artigo científico; (v) ter sido publicado em alguma revista científica ou periódico. Não houve restrição quanto ao ano da publicação dos artigos, apesar da revisão conter apenas publicações recentes, com menos de 10 anos.

Na sequência, os critérios de inclusão foram aplicados nas seguintes bases de dados: (i) Scielo, Brasil; (ii) Google Acadêmico; (iii) Redalyc e (iv) Domínio Público, Brasil. Isso permitiu a obtenção de mais de 200 artigos que satisfizeram os critérios de busca. Após uma leitura dos trabalhos, estes foram novamente selecionados, descartando-se aqueles apresentavam conteúdo relacionado com os critérios iniciais da seleção. Desta forma, restaram 19 artigos para realização deste estudo.

Após a análise dos artigos selecionados, estes foram classificados e organizados em uma planilha considerando: (i) autor; (ii) título; (iii) revista ou periódico; (iv) área; (v) ano de publicação; e (vi) local de origem dos pesquisadores. Também foram pontuadas as palavras chaves que estão mais relacionadas com o tema da pesquisa e ainda o contexto do título dos artigos. A partir desta análise preliminar, foram sintetizadas as informações e os resultados das investigações realizadas sobre a energia eólica instalada no Brasil.

Ainda para compor esta síntese foram selecionados os conteúdos conforme os critérios de inclusão: (i) ter informações que demonstrem as vantagens e desvantagens das instalações de turbinas

eólicas para geração de energia; (ii) ter informações sobre novas tecnologias; (iii) estudos de casos de viabilidade para novas instalações; (iv) prováveis impactos ambientais que tenham relação direta com a geração desta fonte de energia; (v) ter informações sobre sustentabilidade ou desenvolvimento e (vi) análise da situação atual e possibilidade de ampliação ou novas instalações.

Para facilitar a análise dos resultados foram elaborados gráficos que demonstram a origem das publicações (local), a área dos pesquisadores (para esta análise as áreas foram agrupadas em áreas mais genéricas, ex.: Energia - Engenharia Elétrica, Engenharia de Energia, etc.), o ano em que a pesquisa foi publicada e também as linhas de pesquisa e palavras chaves que mais foram abordadas,

Para avaliar os tipos de pesquisa com base no título e nos objetivos dos artigos analisados, estes foram agrupados em três grandes áreas: (i) análise técnica, que inclui todas as especificações, aplicabilidade, testes e outras informações que compõem a característica técnica da atividade; (ii) análise regional, que inclui as investigações econômicas, os impactos ambientais e outros aspectos gerais do desenvolvimento a partir da energia eólica e por fim, (iii) o estudo de caso, onde estão relatados os casos já implantados e os estudos de viabilidade para o setor.

3. Resultados

3.1 Análise dos estudos

Com vistas para o desenvolvimento sustentável, muitos países se comprometeram ao serem signatários no Protocolo de Quioto, que estabelece alternativas de controle para redução de gases e outros compostos contaminantes da atmosfera. Em função das mudanças climáticas no planeta, o protocolo visa a mitigação e redução dos impactos ambientais, porém estes controles ainda geram fortes discussões e preocupações para o cumprimento das mesmas, (RIBEIRO, 2012).

Segundo Ribeiro (2012), uma das alternativas é o chamado de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), que permite aos países, principalmente os emergentes, a desenvolverem e aperfeiçoarem empreendimentos que busquem a sustentabilidade. O objetivo é auxiliar os países pertencentes ao Anexo I do Protocolo de Quioto, contribuindo desta forma com a minimização na emissão dos GEEs (gases do Efeito Estufa), por meio da transferência de recursos financeiros e implantação de novas tecnologias sustentáveis para estes países, proporcionando ações de redução das emissões dos gases no mundo, (SIMAS, 2013).

Atualmente a matriz energética é responsável pela maioria das emissões de GEEs, por isto é fundamental a utilização de energias limpas, tais como a energia solar, eólica e da biomassa. O Brasil, por suas riquezas naturais, dispõe de alto potencial de fontes renováveis de energias, incluindo instalação das usinas eólicas, (RIBEIRO, 2012). Por esta razão, existem fortes investimentos no setor,

inclusive de investidores dos países integrantes do Anexo I do protocolo de Quioto.

A energia eólica é obtida a partir do aproveitamento da energia cinética dos ventos, que é formada pelas massas de ar em movimento. Para a conversão em Energia Elétrica são utilizadas turbinas eólicas, também conhecidas como aerogeradores, (ALVES, 2010).

A humanidade utiliza a energia mecânica através da conversão da energia cinética dos ventos há mais de 3000 anos. A energia eólica por sua vez, foi inicialmente utilizada nas atividades agrícolas para a moagem de grãos e o bombeamento da água, (NASCIMENTO, 2012). A força dos ventos também sempre esteve presente na navegação, principalmente no período das grandes descobertas, (MARTINS, 2008).

Ainda segundo Alves (2010), existem relatos desde o final do século XIX onde foram registradas as primeiras experiências para a geração de eletricidade a partir dos ventos. Porém, somente quase um século depois, em 1976, foi comercializada na Dinamarca, para a rede elétrica pública, a primeira turbina eólica, (RIBEIRO, 2012).

O grande impulso para a geração de eletricidade a partir da energia eólica ocorreu após a primeira crise do petróleo. Os países que mais investiram em pesquisas para buscar alternativas de geração de energia foram a Alemanha, a Dinamarca, os EUA e a Espanha, (DALMAZ, 2008). Este fenômeno permitiu que a geração a partir da energia eólica se destacasse no mundo todo. No Brasil, os primeiros parques eólicos foram instalados no litoral do Nordeste, no Ceará e em Fernando de Noronha, no início dos anos 1990.

Desde o início da década de 1990 o setor de energia eólica vem apresentando um crescimento acelerado em todo o mundo. (MARTINS, 2008). Despertando interesse pelo bom desempenho no mundo, tanto no desenvolvimento de novas tecnologias quanto pelo crescimento da capacidade instalada desta fonte de geração. No ano de 2010 foram adicionados 39 GW de potência eólica na matriz energética mundial, ver Figura 2. Este setor teve a maior ampliação em comparação com outras tecnologias, a operação total foi de 198 GW (REN21, 2011).



Figura 2: Evolução da energia eólica no mundo
Fonte: REN21 (2011)

Em 2012, a capacidade mundial de operação de energia eólica aumentou em quase 45 GW, valor este que representa um aumento de 19%, passando a produzir 283 GW. Com este novo recorde, a energia eólica foi a novamente a atividade que mais cresceu dentre todas as demais tecnologias do setor de energias renováveis, apesar das incertezas políticas nos principais mercados do setor (REN21, 2013).

O Brasil ainda está longe de compor o ranking dos países com mais geração de energia eólica no mundo. Porém, pelo seu alto potencial, tem despertado o interesse de vários fabricantes e representantes dos principais países envolvidos com energia eólica (MELO, 2013). Uma das vantagens é a qualidade nos níveis de radiação solar e ventos fortes, principalmente na costa nordestina, sendo ponto estratégico para a entrada de novas tecnologias para a América Latina (ALVES, 2010). Outra vantagem são os incentivos fiscais e leilões para a comercialização (RAMPINELLI, 2012).

Segundo Melo (2013), no ano 2012 o setor de energia eólica comemorou a inserção de 2GW de potência instalada no sistema elétrico nacional. Desde 2009, quando foi realizado o primeiro leilão de energia para a fonte eólica, a indústria vem crescendo a uma taxa média anual de 2 GW por ano, de forma que até o final de 2017, considerando o PROINFA (Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica) e tudo o que foi contratado até 2012, a fonte vai alcançar 8,7 GW de capacidade instalada (MELO, 2013).

Atualmente no Brasil, a matriz dominante dentre as energias consideradas limpas é a Hídrica, pela sua constituição hídrica e geográfica, sendo responsável por mais de 80% da geração nacional, com capacidade instalada de 65% (RAMPINELLI, 2012). Este aspecto é interpretado como favorável à

inclusão de outras fontes de energias renováveis e limpas, diversificando mais a matriz, evitando o comprometimento da mesma com uma única geração. Neste sentido, há projeções para que em 2020 a capacidade de energia eólica instalada no Brasil seja de 10% aproximadamente, desta forma, este setor será a segunda principal fonte de energia elétrica, (RAMPINELLI, 2012).

Moreira (2013) destaca que segundo o “Relatório Especial sobre Fontes de Energia Renovável”, o mundo terá de triplicar a participação das energias renováveis, na matriz, até 2035. Esta necessidade urgente de alternativas para a geração de energias limpas se deve para a manutenção dos níveis de concentração de carbono na atmosfera em um nível seguro. Neste sentido, conforme informações do artigo, para que o mundo possa estabilizar os gases de efeito estufa na atmosfera, a participação das energias renováveis (solar, eólica, geotérmica, hidrelétrica e biomassa) na matriz energética global terá de passar de 14% para 35% (dados de 2012).

Seguindo as discussões sobre o desenvolvimento sustentável tem-se a agricultura familiar que é um segmento importante do agronegócio brasileiro e tem grande participação na produção de alimentos essenciais, garantindo desta forma a segurança alimentar do Brasil. Neste sentido, o fornecimento de energia para esses agricultores é tão essencial quanto o fornecimento de insumos. Uma alternativa para este setor seria a energia eólica, porém, a condição operacional do vento que normalmente é de baixa velocidade (ventos $< 6 \text{ m s}^{-1}$) em boa parte das regiões do Brasil, como por exemplo no semiárido em pequenas propriedades no interior do Estado do Ceará, é um desafio para a instalação de turbinas eólicas, (ALBIERO, 2014).

Considerando a necessidade de inovações para a geração de energia limpa de baixo custo e que possa ser produzida no local ou próximo ao local de consumo, Albiero (2014) apresenta um projeto de uma turbina eólica inovadora e adequada às necessidades de pequenas propriedades de agricultores no semiárido do Nordeste. O projeto visa atender a irrigação da produção de alimentos e se mostrou favorável, mesmo em períodos de pouco vento, pelos créditos obtidos junto a concessionária de energia nos períodos de muito vento, onde a energia foi gerada a partir das turbinas eólicas. O projeto visa o fornecimento de energia com baixo custo e com probabilidade de geração distribuída podendo ser mais uma fonte de renda para as famílias.

Neste contexto, os projetos de energias renováveis nas áreas rurais, principalmente em regiões que necessitam de desenvolvimento econômico, recebem atenção especial. Estes projetos colaboram de forma significativa para o desenvolvimento com inúmeras vantagens, pois além de contribuir para a fixação das famílias em suas propriedades rurais, promove geração de renda e qualidade de vida, mantendo a economia ativa tanto na área rural como nos centros urbanos. Estes sistemas com usinas

menores e dispersas demandam uma quantidade maior de mão-de-obra e, conseqüentemente, geram um potencial maior de empregos para a população rural, especialmente na fase inicial do projeto (SIMAS, 2013).

A energia eólica, além de contribuir com a geração de energia mais limpa, colabora com o desenvolvimento regional gerando empregos desde a construção das turbinas e demais componentes para a instalação da usina, além das atividades de manutenção regular após o início da produção (SIMAS, 2013). O setor ainda colabora com o crescimento econômico por outras oportunidades que emergem com a nova tecnologia sendo instalada e com mais energia disponibilizada nas localidades da região.

As tecnologias de energia renovável demandam muito capital, e a maior parte do investimento concentra-se na fase inicial do projeto, no caso de um parque eólico, o custo dos equipamentos corresponde a até 75% do investimento total. Nesse contexto, a implantação de projetos de energias renováveis tende a oferecer oportunidade para o desenvolvimento de indústrias de equipamentos para consumo interno e até mesmo para a exportação (SIMAS, 2013).

Feitosa (2014) publicou um estudo sobre a viabilidade de instalação de turbinas eólicas na região de Russas no interior do Ceará, onde apresenta um cenário favorável à instalação considerando a demanda de energia para irrigação na agricultura em pequenas propriedades no semiárido da região.

O estudo foi realizado utilizando equipamentos para medição dos ventos e softwares específicos para a análise dos resultados. Para simular o funcionamento e a provável geração de energia através de uma turbina eólica, foi utilizado o software EOLUSOFT – Versão Beta 1.0 NUTEMA-PUCRS. Nas condições analisadas, é possível gerar anualmente 1060,71 kWh com uma velocidade média do vento de $4,81 \text{ m s}^{-1}$. A demanda segundo a necessidade informada por Feitosa (2014) que é de 644,30 kWh pode ser atendida em 100%, podendo-se inclusive comercializar os 416,41 kWh restantes, na forma de créditos perante concessionárias de energia elétrica de acordo com a Legislação vigente, (FEITOSA, 2014).

Outro estudo de viabilidade foi publicado por Silva (2012), no qual o autor analisa a possibilidade de geração de energia eólica em Juazeiro na Bahia. A pesquisa foi realizada através da análise dos ventos num período de 9 anos, utilizando uma metodologia e sistemas apropriados. Mesmo com uma sazonalidade dos ventos em determinados períodos e considerando a geografia da região, o resultado foi igualmente favorável, principalmente pela relação custo/benefício que a longo prazo é reduzido. A média do período dos ventos foi de 22,5 m/s e a menor leitura foi de 17,4 m/s, (SILVA, 2012).

Freisleben (2013) mostra a velocidade média anual dos ventos no Brasil e afirma que o potencial eólico é de aproximadamente 143,5 GW, deste total, 52% está na região Nordeste do país, a qual pode produzir cerca de 144,3 TWh por ano. A região Sudeste tem 21% e a região Sul 16%, podendo produzir até 54,9 TWh e 41,1 TWh por ano, respectivamente, ver Figura 3, a cor verde indica potencial baixo já a cor amarela em diante progressivamente um maior potencial. As regiões Norte e Centro-Oeste, possuem potencial de 9% e 2% respectivamente.

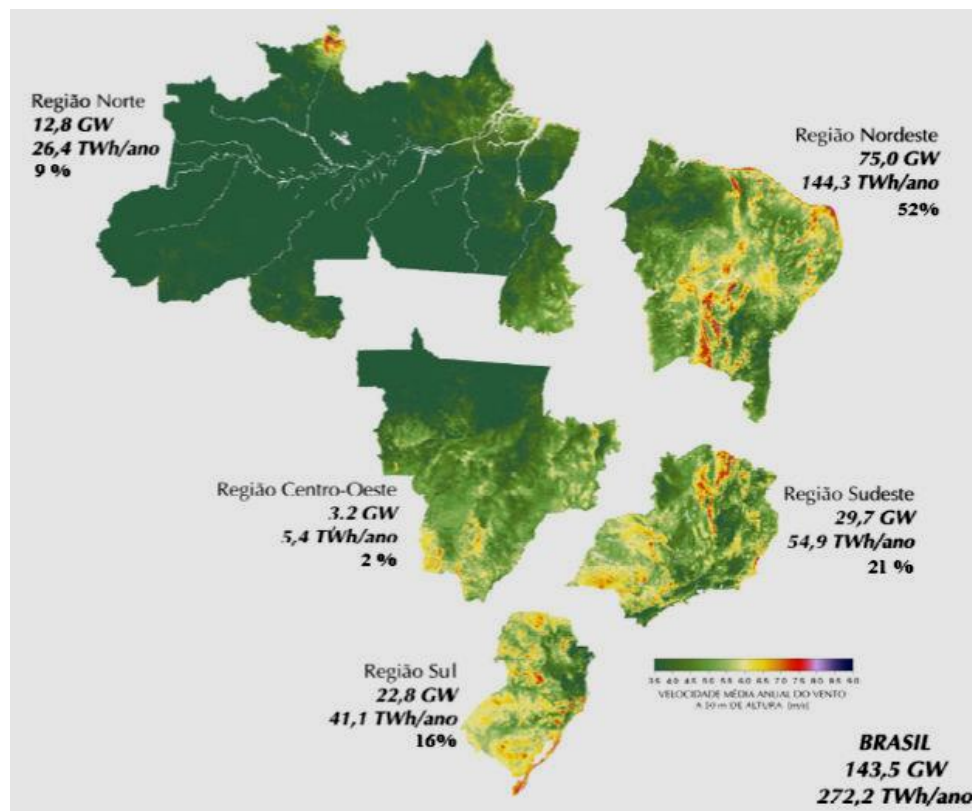


Figura 3:

geográfica do potencial eólico energético brasileiro
Fonte: SEMC (2002)

Distribuição

Conforme análise de Freisleben (2013) pela configuração dos ventos a região Sul, ver Figura 4, é bastante favorável para a instalação de energia eólica (observação: Na Figura 4 a cor verde indica potencial baixo já a cor amarela em diante progressivamente um maior potencial. Porém, a região é topograficamente desfavorável sendo de difícil acesso, considerando que a instalação das turbinas é realizada em terrenos planos. Neste sentido, apenas 20% das áreas integradas podem ser utilizadas para a instalação de turbinas eólicas, resultando em uma média de 2 MW/km². Segundo Freisleben (2013) os parâmetros médios de desempenho de turbinas no atual estado-da-arte mundial nas classes 500-1500 kW.

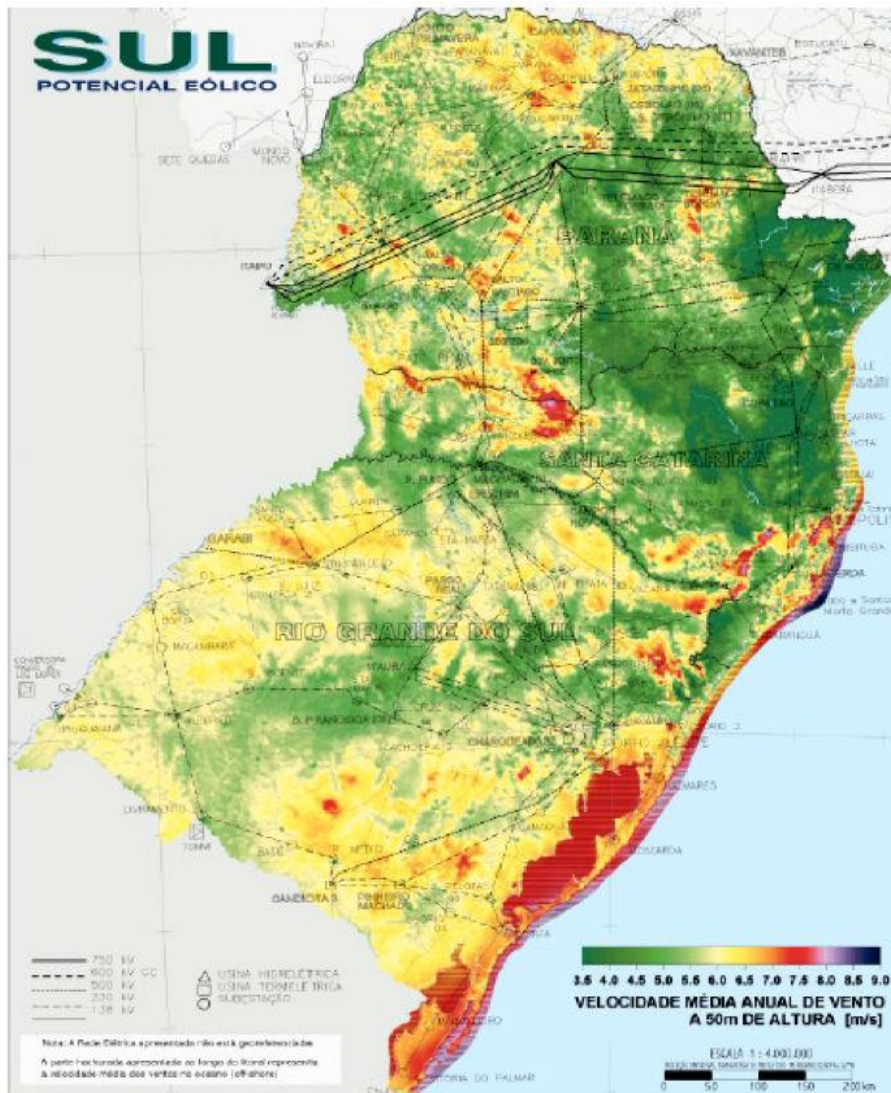


Figura 4: Velocidade média anual dos ventos na região Sul do Brasil
Fonte: SEMC (2002)

Freisleben (2013) ainda destaca a disponibilidade do sistema com a sua capacidade, citando a falta de estudos específicos sobre a real eficiência da energia gerada pelos ventos. Porém, considerando os levantamentos feitos até a publicação do artigo, este sistema opera com aproximadamente 90% de eficiência, fator que colabora com a viabilidade econômica da atividade.

Existe a necessidade de aumentar a produção de equipamentos para a instalação de turbinas e demais componentes para a geração de energia eólica. Considerando o aumento na demanda por energia e o potencial eólico no Brasil, incluindo o Rio Grande do Sul, há a necessidade de instalação

de mais 2.300 torres eólicas para atingir uma meta de 7GW, (FREISLEBEN, 2013). Segundo Simas (2013) a energia eólica tem um grande potencial para a geração de empregos, podendo gerar mais de 195 mil empregos/ano até 2020, este número deve atender principalmente a demanda na construção das turbinas e seus componentes.

No estágio atual o Brasil ainda depende da importação de equipamentos para a implantação de parques eólicos e apesar dos investimentos no setor e do potencial de crescimento, ainda há muito para evoluir. Até mesmo no mercado mundial, pois o segmento industrial para o atendimento a esta demanda encontra-se em seu estado inicial. Porém, o desenvolvimento deste mercado depende de competição para que os custos se tornem atrativos e cresçam paralelamente ao seu potencial, (MELO, 2013).

Segundo Sandford (2012), o custo da energia elétrica gerada por uma central eólica é fortemente influenciado pela velocidade média do vento do local e sua constância, desta forma é possível comparar os custos com a energia de fontes tradicionais, principalmente quando a área possui médias de velocidade muito elevadas. Neste sentido, é necessário utilizar métodos específicos para calcular o custo de um projeto para dimensionar a produção de um parque eólico, dentre os métodos disponíveis, existe o método de Custeio Baseado em Atividades - ABC (*Activity-Based Costing*), que consiste numa ferramenta gerencial, onde podem ser relacionadas e dimensionadas todas as etapas para implantação de um parque eólico.

Conforme analisado até o momento, percebe-se que apesar das inúmeras vantagens segundo Dalmaz (2008), um empreendimento eólico está sujeito aos caprichos da natureza. Mesmo com uma grande potência instalada, pode o sistema não gerar energia alguma quando os ventos forem fracos. O autor destaca ainda que uma matriz energética dependente da geração eólica tornaria o sistema de energia elétrica bastante vulnerável. Por este motivo, é importante considerar a preocupação em relação à inconstância da produção de energia pelos aerogeradores, devido às variações na velocidade do vento, à medida que aumenta a participação da geração eólica na matriz energética dos países (DALMAZ, 2008).

Com relação aos impactos ambientais, Barcella (2012) destaca como negativos, principalmente quando os equipamentos são agrupados no formato de parque: o ruído, a poluição visual e sonora, bem como possíveis interferências eletromagnéticas e ainda o choque de aves aos equipamentos. Analisando os diferentes tipos de equipamentos instalados, alguns podem afetar mais o meio ambiente, incluindo animais e também as pessoas. Adalbó (2002) destaca que muitos destes problemas foram resolvidos com o uso de equipamentos modernos.

Neste sentido, Barcella (2012) também apresenta os aspectos ambientais positivos, onde aponta como favorável além dos benefícios ambientais os custos da atividade em longo prazo, porque a energia eólica não contamina o ambiente (água, solo, ar), e os ventos não se esgotam. A energia eólica pode ser utilizada como complementar a energia hidrelétrica, a qual atualmente é predominante no Brasil e gera impactos ambientais, sociais, etc. Apesar de não serem possíveis outras edificações no entorno dos parques, em função da estrutura que exige o sistema, é possível realizar atividades agrícolas, caso seja viável pelo terreno.

Outro fator que colabora positivamente para a energia eólica, é a substituição de fontes de energia não limpa, o que favorece a diminuição de emissão de CO₂ e outros gases do efeito estufa. A autora ainda destaca o fator socioeconômico, pelo potencial turístico e a visibilidade proporcionada pelo aspecto de sustentabilidade, incluindo o uso de imagem nos diversos meios de comunicação (BARCELLA, 2012), (NASCIMENTO, 2012).

Segundo Ocácia (2008), o sistema de energia eólica deve ser implantado junto a redes “fortes”, que tenham capacidade de suprir a demanda, independentemente da existência ou não de vento. Caso isto não aconteça, o autor sugere a contingência de cargas para que não ocorram perdas de cargas, pela sua característica aleatória de disponibilidade de geração. O autor considera este sistema como efeito de capacidade e compensação da energia eólica.

Martins (2008) sugere o uso de tecnologias para a coleta de dados com ampla cobertura para análise dos ventos em uma determinada região. Uma destas tecnologias é o PCD's e os satélites artificiais. Estas tecnologias associadas a modelos computacionais que podem simular processos físicos, permitindo maior precisão e confiabilidade nas estimativas de ventos. Neste sentido, o autor descreve a importância de uma base de dados locais para prever a densidade de energia e a potência instalada com mais precisão. Esta instrumentação deve atender de forma confiável e por longos períodos, permitindo assim a variabilidade do vento pode ser obtida com uma menor margem de erro (MARTINS, 2008).

Para dimensionar melhor um projeto de viabilidade de instalação de um parque eólico ou estimar a produção anual de energia gerada, Leite (2006) apresenta um trabalho que desenvolve um modelo computacional de representação probabilística desta produção. O modelo propõe ainda o cálculo de indicadores de desempenho.

O modelo propõe combinação aleatória das características de velocidade do vento, incluindo outras informações que possam representar o comportamento da usina eólica por um processo de Markov. Os testes foram realizados utilizando dados reais dos principais parques eólicos em 3 regiões

do Brasil. Os resultados foram promissores para os parques já instalados no Brasil, e para projetos futuros, apresentando fatores de capacidade entre 30 e 40%, segundo a autora são valores considerados altos para os padrões mundiais. Apesar dos resultados positivos, a autora ainda destaca que o setor para ser atrativo depende de uma combinação de outros fatores (LEITE, 2006).

3.2 Classificação dos estudos

Nesta seção é apresentada a classificação dos estudos analisados na seção anterior como referência quantitativa das pesquisas encontradas sobre o tema.

As pesquisas foram realizadas em sua maioria em regiões onde já ocorre a geração de energia por turbinas eólicas, ver Figura 5.

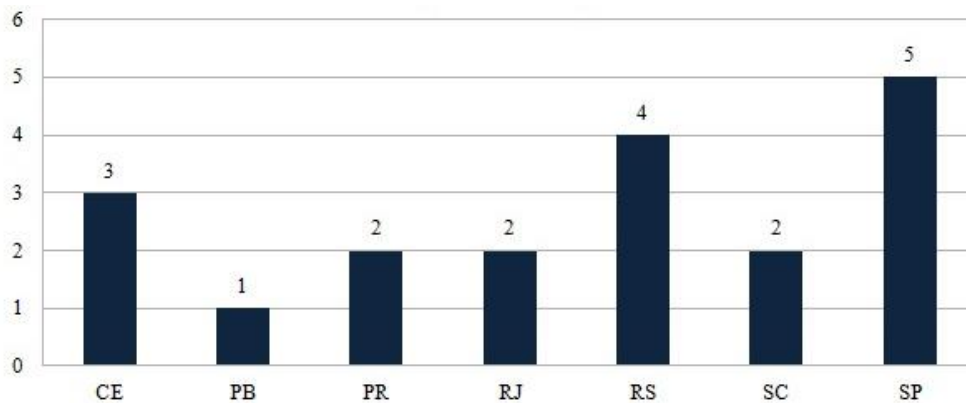


Figura 5: Origem das pesquisas em função do Estado

As áreas de estudo que mais publicaram artigos relacionados com energia eólica foram agrupadas em grandes áreas para melhor identificar a origem das investigações do setor, ver Figura 6. Nesta análise pode-se destacar a preocupação do setor administrativo e econômico, que investigam além dos impactos ambientais, a viabilidade econômica do setor energético relacionado as fontes renováveis, especialmente de fontes limpas como é o caso da energia eólica.

A área com mais publicações é a de Energia que inclui todas as subáreas relacionadas à engenharia e eletricidade, mas neste caso, era esperada a investigação por esta área. Também se destaca a área da geografia, pela preocupação com os impactos ambientais.

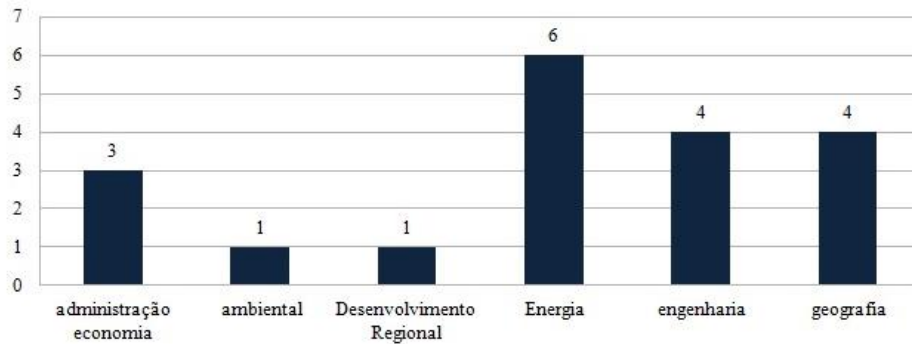


Figura 6: Área (agrupada) de origem das pesquisas

A quantidade de artigos publicados por ano pode ser verificada na Figura 7. Destacam-se os anos de 2012, 2008 e 2013 com maior número de publicações, porém, não se podem confirmar os motivos desta variação sem uma análise específica para o caso.

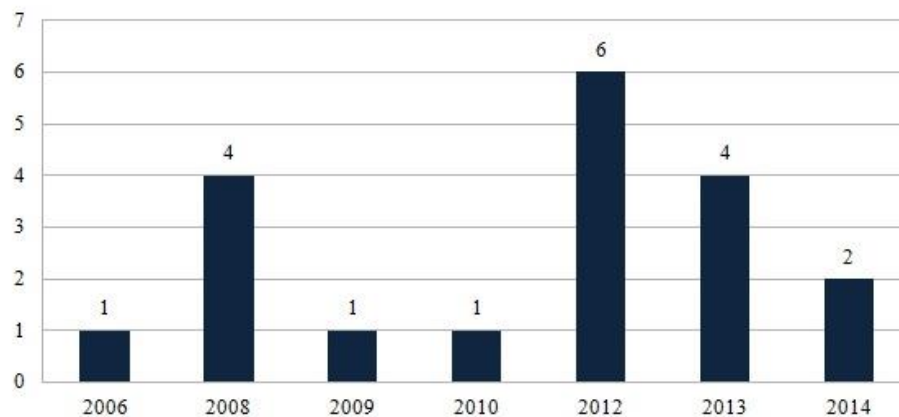


Figura 7: Anos de publicações dos artigos

Estas variações podem acontecer em função das variâncias na economia de maneira geral, ou ainda nas oscilações de geração e demanda do setor energético.

A classificação dos tipos de pesquisa que são realizadas no setor são apresentadas na Figura 8. Percebe-se que existe uma homogeneidade nas pesquisas, e por este motivo, pode-se confirmar a abrangência das análises, considerando que a maioria das áreas estão incluídas nas investigações.

O estudo apresenta um quadro positivo e confiável com relação à investigação do setor energético para a atividade em questão.

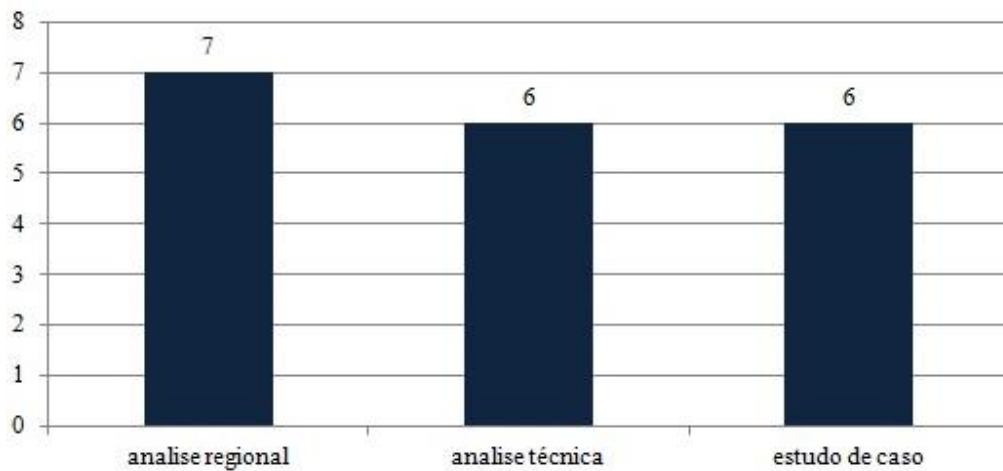


Figura 8: Linhas de pesquisa (agrupadas) dos artigos

4. Considerações finais

Este artigo apresentou os resultados de uma pesquisa que teve por objetivo realizar uma revisão sistemática para analisar as vantagens e desvantagens para a geração energia eólica no Brasil, sob a perspectiva do desenvolvimento do sustentável, visando entender também se existem perspectivas para ampliação da geração deste tipo de fonte de energia.

A análise revelou que a ampliação da geração de energia a partir de turbinas eólicas pode ser viável, principalmente se considerados os aspectos ambientais, pela redução dos impactos e emissões de gases do efeito estufa, e também pelo aspecto econômico, considerando a inclusão social pela geração de empregos e outras demandas ligadas à atividade.

Os estudos evidenciaram a necessidade de uma maior investigação na qualidade e velocidade dos ventos para a instalação de novas turbinas ou ainda na verificação dos parques eólicos em funcionamento.

Este trabalho foi importante para entender o porque da inclusão ou não de geração de energia cooperada, com a rede elétrica existente, que em sua maioria é proveniente de hidrelétricas, ou para a instalação de outras fontes renováveis como o sistema de geração de energia solar.

Os resultados mostraram que este setor está em fase de crescimento tanto na esfera regional como global. Porém são necessárias políticas adequadas para que a atividade seja de fato viável economicamente, mesmo com os incentivos para atenuar os impactos que o setor energético vem provocando ao meio ambiente, e às desigualdades sociais que o setor promove.

Foi possível perceber que as tecnologias desenvolvidas para o atendimento a geração de energias limpas ainda não atendem a demanda atual, neste sentido, esta é outra área de interesse global

para investimentos desde que os governos e grandes empreendimentos estejam comprometidos.

Recomenda-se que sejam realizadas novas investigações acerca de estudos que contemplam o setor energético, em todas as linhas de pesquisa, técnica, regional e aplicabilidade, especialmente pela importância econômica e ambiental do setor, tanto no Brasil como no mundo. Considerando ainda que a crise no setor energético é iminente principalmente em função do estilo de vida atual com o consumo como prioridade na política econômica vigente.

Por fim, infere-se que os investimentos em energia limpa são extremamente necessários e, conseqüentemente, a implantação destes sistemas alternativos pode promover o desenvolvimento de regiões, reduzir impactos ambientais e contribuir para a sustentabilidade.

5. Referências

ALBIERO, D.; et al. **Turbina eólica para agricultura familiar do semiárido com inovações tecnológicas para baixas velocidades de vento**. Revista Ciência Agronômica, v. 45, n. 1, p. 186-196, jan-mar, 2014.

ALVES, J. J. A. **Análise regional da energia eólica no Brasil**. Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional – G&DR. v. 6, n. 1, p. 165-188, Taubaté, SP, Brasil, jan-abr/2010.

BARCELLA, M. S.; BRAMBILLA, F. R. **Energia eólica e os impactos socioambientais: estudo de Caso em parque eólico do Rio Grande do Sul, Brasil**. Revista de Ciências Ambientais, Canoas, v.6, n.2, p. 5 a 18, 2012.

DALMAZ, A.; PASSOS, J. C.; COLLE, S. **Energia eólica para geração de eletricidade e a importância da previsão**. Revista ABCM – Engenharia, Vol. XIII - No 1, 2008.

DUTRA, J. C. do Nascimento; et all. **Uma Análise do Panorama das Regiões Missões e Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul sob o Prisma da Energia Eólica e Solar Fotovoltaica como Fontes Alternativas de Energia**. REVISTA PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO, Curitiba, v.34, n.124, p.225-243, jan./jun. 2013.

FEITOSA, E. O.; et all. **Energia eólica como alternativa energética para convivência com semiárido no perímetro irrigado Tabuleiros de Russas**. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada v.8, no. 3, p.199 - 209, 2014.

FREISLEBEN, A. P.; PISCINATTO, A. C. **O Papel da Indústria Nacional de Equipamentos da Energia Eólica na Sustentabilidade**. Revista Eletrônica Georaguaia. Barra do Garças-MT. Edição Especial. p. 77-95. Setembro. 2013.

HIGGINS. J. P. T., GREEN, S. **Centro Cochrane Iberoamericano, tradutores. Manual Cochrane de Revisões Sistemáticas de Intervenciones**, versión 5.1.0 [actualizada en marzo de 2011] [Internet]. Barcelona: Centro Cochrane Iberoamericano; 2012. Disponível em <http://www.cochrane.es/?q=es/node/269>.

LEITE, A. P.; BORGES, C. L. T.; FALCAO, D. M. **Modelagem de usinas eólicas para estudos de confiabilidade**. Revista Controle & Automação/Vol.17 no.2/Abril, Maio e Junho 2006

LUCON, O.; GOLDEMBERG, J. **Crise financeira, energia e sustentabilidade no Brasil**. Estud. av. vol.23 no.65 São Paulo. 2009.

- MARTINS, F. R.; GUARNIERI, R. A.; PEREIRA, E. B. **O aproveitamento da Energia Eólica.** Revista Brasileira de Ensino de Física, www.sbfisica.org.br, v. 30, n. 1, 1304, 2008.
- MELO, E. **Fonte eólica de energia: aspectos de inserção, tecnologia e competitividade.** Estud. av. vol.27 no.77. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-40142013000100010>. São Paulo. 2013.
- MOREIRA, R. N., et all. **Energia eólica no quintal da nossa casa?! Percepção ambiental dos impactos socioambientais na instalação e operação de uma usina na comunidade de sítio do Cumbe em Aracati- CE.** GeAS – Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade E-ISSN: 2316-9834; DOI: 10.5585/geas.v2i1.39. 2013.
- NASCIMENTO, T. C.; MENDONÇA, A. T. B. B.; CUNHA, S. K. **Inovação e sustentabilidade na produção de energia: o caso do sistema setorial de energia eólica no Brasil.** Cad. EBAPE.BR, v. 10, no 3, artigo 9, Rio de Janeiro, Set. 2012.
- OCÁCIA, G. C.; SANTOS, J. C. V. **Efeito de capacidade e de compensação na utilização de energia fotovoltaica e de energia eólica.** Revista Liberato, Novo Hamburgo, v. 9, n. 12, p. 37-44, jul./dez. 2008
- CAMARGO, O. A.; et all. **Atlas eólico: Rio Grande do Sul.** Secretaria de Energia Minas e Comunicações. Porto Alegre: SEMC, 2002.
- RAMPINELLI, G. A.; ROSA JUNIOR, C. G. **Análise da Geração Eólica na Matriz Brasileira de Energia Elétrica.** Revista Ciências Exatas e Naturais, Vol.14, n º 2, Jul/Dez 2012.
- REN21. 2011. **Renewables 2013 Global Status Report.** (Paris: REN21 Secretariat).
- REN21. 2013. **Renewables 2013 Global Status Report.** (Paris: REN21 Secretariat). ISBN 978-3-9815934-0-2
- RIBEIRO, H. C. M.; PIEROT, R. M.; CORRÊA, R. **Projeto de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo: Um Estudo de Caso na Empresa de Energia Eólica do Estado do Piauí.** REUNIR–Revista de Administração, Contabilidade e Sustentabilidade – Vol. 2, no 2 – Edição Especial Rio +20, Ago., p.61-75, 2012. ISSN: 2237-3667.
- SANFORD, K. **Aplicação do método ABC (Activity-Based Costing) para custeio de projetos de parques eólicos.** Revista da Graduação. Vol. 5, No. 2 , 2012. ISSN 1983-1374.
- SILVA, G. J. F.; SEVERO, T. E. A. **Potencial/Aproveitamento de Energia Solar e Eólica no Semiárido Nordeste: Um Estudo de Caso em Juazeiro – BA nos Anos de 2000 a 2009.** Revista Brasileira de Geografia Física 03, p. 586-599. 2012.
- SIMAS, M.; PACCA, S. **Energia eólica, geração de empregos e desenvolvimento sustentável.** Estud. av., 2013, vol.27, no.77, p.99-116. ISSN 0103-4014