



Encontro Internacional sobre Gestão
Empresarial e Meio Ambiente

Sustentabilidade Energética: Descrição de indicadores adaptados à geração de energia eólica

RAFAEL FELIPE RAMOS DE RANGEL MOREIRA CAVALCANTI

Universidade Federal de Campina Grande

rafaelfrmcavalcanti@gmail.com

Sustentabilidade Energética: Descrição de indicadores adaptados à geração de energia eólica

Resumo

Atualmente a energia renovável tem sido vista como um fator importante para o desenvolvimento sustentável, no Brasil a fonte eólica tem tido enorme crescimento desde 2009, isso se deve à implantação de políticas específicas, principalmente na região Nordeste. Os indicadores de energia para o desenvolvimento sustentável representam uma importante ferramenta de planejamento para alcançar o desenvolvimento sustentável, sendo necessária então a descrição dos mesmos para análise da relação do indicador com o meio. Portanto faz-se necessário mesurar como essas políticas energéticas estão contribuindo com a sustentabilidade energética para isso o objetivo desse artigo é descrever um conjunto de indicadores para mensurar a sustentabilidade energética dos municípios do Rio Grande do Norte que tiveram a instalação de empreendimentos eólicos. Para isso utilizou-se o guia de diretrizes e metodologias dos indicadores de sustentabilidade energética da Agência Internacional de Energia Atômica, onde tais indicadores adotaram a abordagem do tipo pressão, estado e resposta das diretrizes, como também foi realizado uma revisão bibliográfica e documental. Como resultado foram descritos 27 indicadores para sustentabilidade energética na energia eólica, sendo 10 para dimensão Ambiental, 10 para Econômica e 7 para Social, essa descrição realizou-se através de três componentes descrição, relação com índice e critério de avaliação.

Palavras-Chave: Desenvolvimento Sustentável, Indicadores, Energia, Sustentabilidade Energética.

Energy sustainability: Indicator Description adapted to wind energy generation

Abstract

Currently renewable energy has been seen as an important factor for sustainable development in Brazil, wind power has experienced tremendous growth since 2009, this is due to the implementation of specific policies, especially in the Northeast. Energy indicators for sustainable development represent an important planning tool to achieve sustainable development, then requiring the description of the same indicator for the analysis of the relationship with the environment. Therefore it is necessary to measure how these energy policies are contributing to energy sustainability that the aim of this article is to describe a set of indicators to measure the energetic sustainability of the municipalities of Rio Grande do Norte who had the installation of wind farms. For this we used the guide guidelines and methodologies of energy sustainability indicators of the International Atomic Energy Agency, where such indicators have adopted the approach of type pressure, state and response guidelines, as was also performed a literature and document review. As a result were described 27 indicators for sustainable energy in the wind, 10 for Environmental size, 10 to 7 for Economic and Social, this description was carried out through three components description, related content and evaluation criteria.

Key Words: Sustainable development, Indicators, Energy, Sustainable Energy

1. Introdução

O período da revolução industrial foi reconhecido por ter sido um período extremamente degradante para o meio ambiente, sendo este um dos principais motivadores para o surgimento do conceito de desenvolvimento sustentável, em 1972 na publicação do relatório de Brundtland.

Junto com o desenvolvimento sustentável a questão da sustentabilidade energética passou a ser pauta constante de discussão após as duas crises do petróleo em 1973 e 1979, por isso de acordo com Macedo (2015) o interesse pelas energias renováveis surge no mundo como resultado de uma nova concepção de política energética, cujo vetor principal reside tanto na necessidade de diversificar as fontes de suprimento de petróleo como garantir a segurança energética, sobretudo na necessidade de enfrentar as mudanças climáticas. Dentre essas a energia eólica tem tido destaque tanto internacionalmente, quanto nacionalmente. A autora ainda chama atenção para a importância da energia eólica na matriz elétrica, devido ao fato de a tecnologia esta consolidada no mundo, permitindo, com isso, a obtenção de custos mais competitivos..

Conforme Simas e Pacca (2012) dentre os principais benefícios socioeconômicos trazidos pelas energias renováveis podem ser citados: a inovação tecnológica e o desenvolvimento industrial; a geração distribuída e a universalização do acesso à energia; o desenvolvimento regional e local, especialmente em zonas rurais; e a criação de empregos fatores essenciais para sustentabilidade energética. Por isso se faz necessário a busca por um sistema de mensuração para essa sustentabilidade energética, pois uma das barreiras para avaliar a sustentabilidade é de criar instrumentos de mensuração, como exemplos indicadores do desenvolvimento, sendo estas ferramentas constituídas por uma ou mais variáveis que, se associam de diversas formas, revelam significados sobre os fenômenos referentes, tais indicadores são instrumentos essenciais para guiar a ação e subsidiar o monitoramento e avaliação do progresso alcançado em direção ao desenvolvimento sustentável (SANTOS,2010).

Para Malheiros Philippi e Coutinho (2008) os indicadores são o estabelecimento de uma visão de conjunto que exige um processo de avaliação de resultados em relação às metas de sustentabilidade estabelecidas, provendo às partes interessadas condições adequadas de acompanhamento e dando suporte ao processo decisório. Veiga (2010) afirma que a ideia de sustentabilidade exige uma trinca de indicadores, pois ela só poderá ser bem avaliada se houver medidas simultâneas da dimensão ambiental, do desempenho econômico, e da qualidade de vida (ou bem-estar).

Os indicadores de energia para o desenvolvimento sustentável representa uma importante ferramenta de planejamento para alcançar o desenvolvimento sustentável, onde estes indicadores são destinados a fornecer uma ferramenta flexível para analistas e tomadores de decisão para compreender melhor a sua situação e as tendências, os impactos das políticas recentes e os potenciais impactos das mudanças políticas. Neste sentido, estes indicadores mostram-se importantes para analisar o impacto das políticas energéticas recentes, assim como, a promoção e incentivo ao uso de energias renováveis dentre essas a eólica.

A partir destas considerações, o objetivo deste artigo é descrever um conjunto de indicadores para mensurar a sustentabilidade energética dos municípios do Rio Grande do Norte que tiveram a instalação de empreendimentos eólicos. Para a proposição de tais indicadores utilizou-se o guia de diretrizes e metodologias dos indicadores de sustentabilidade energética da Agencia Internacional de Energia Atômica (AIEA), onde tais indicadores adotaram a abordagem do tipo pressão, estado e resposta das diretrizes, como também foi realizado uma revisão bibliográfica e documental para fazer a contextualização e caracterização quanto as peculiaridades do setor na região do estudo.

Além deste conteúdo introdutório, o artigo aborda na sua fundamentação teórica conteúdo relacionado à desenvolvimento sustentável e indicadores de sustentabilidade energética. Em seguida, descreve os procedimentos metodológicos utilizados, seguido da apresentação dos resultados e considerações finais.

2. Fundamentação Teórica

2.1 Desenvolvimento Sustentável

A perspectiva histórica do desenvolvimento sustentável pode ser dividida em três marcos histórico, primeiramente o domínio do fogo que fez que homem explorasse mais a natureza, no entanto ainda de forma natural, o segundo marco foi agricultura fazendo que ser humano estabelecesse território e pudesse começar pensar e criar ferramentas e utensílios para auxiliar a vida e por ultimo a revolução industrial que alterou os níveis de escala de degradação do homem ao meio, quando as escalas começaram ultrapassar os níveis de resiliência do meio ambiente (ROMEIRO,2010).

No entanto segundo Santos (2010) o desenvolvimento sustentável teve suas primeiras discussões diante da criação da Organização das Nações Unidas (ONU) em 1945, tendo a conferencia das Nações Unidas para a conservação e uso dos recursos em 1949, onde foram discutidas questões atuais do desenvolvimento sustentável como recursos naturais, combustíveis e energia, gestão de recursos hídricos, novas tecnologias. Esta conferência teve foco científico e não político, pois esta não teve o poder de impor compromissos governamentais, no entanto foi marco da discussão sobre o desenvolvimento sustentável.

Outro marco histórico se deu em 1980 quando a Internacional Union for Conservation of Nature and Natural Resources (IUCN) publicou o World Conservation Strategy tendo o desenvolvimento sustentável como objetivo a ser alcançado, essa publicação deu a noção de sustentabilidade e a publicidade internacional necessária para que em 1982 em Nairóbi fosse realizado acordo entre Países do Norte e do Sul, propondo-se a formação de uma Comissão Mundial sobre Meio Ambiente, intitulada “Brundtland”, tendo como resultado o “Relatorio Brundtland” ou Nosso Futuro Comum que propunha que o crescimento econômico possuía uma relação não-antagônica com a manutenção do Meio ambiente, sendo então estabelecidas algumas medidas que deveriam ser seguidas pelos governos e definiu o conceito mais aceito de desenvolvimento sustentável. Esse relatório conseguiu reunir posições políticas e teóricas divergentes, fato de ter havido aceitação quase total dos termos, fez com que fosse possível a formação de alianças políticas que viabilizaram a conferencia da ONU sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, a RIO-92.

Com relação a perspectiva teórica do desenvolvimento sustentável demonstra-se duas correntes de interpretação desse conceito, o primeiro Neoclássico ou Economia ambiental que considera que os recursos naturais não representam a longo prazo um limite a expansão da economia, pois tem a noção de substitubilidade perfeita, onde a medida que um recurso for ficando escasso esse deve aumentar o preço ate que encontre-se um substituto para este recurso. Já a outra corrente da economia ecológica vê o sistema econômico como um subsistema todo maior com algumas restrições absolutas a expansão, onde o capital e os recursos são complementares e o processo é baseado na eficiência e eficácias no uso dos recursos, pois esses limites podem ser irreversíveis, então essa corrente considera os riscos e incertezas, e trabalham com a precaução para que o ambiente não seja degradado a ponto da irreversibilidade (ROMEIRO,2010).

2.2 Sustentabilidade Energética

Abastecimento de energia adequado e acessível tem sido fundamental para o desenvolvimento econômico e a transição da subsistência das economias agrícolas para as sociedades industriais e orientadas a serviços modernos. Sendo este ponto central para a melhoria do bem-estar social e econômico, e indispensável para geração de riqueza industrial e comercial. A energia tem demonstrado ser chave para o alívio da pobreza, melhoraria do bem-estar humano e para elevar os padrões de vida, no entanto a energia é apenas um meio para um fim. Então a energia continua a representar um dilema fundamental para alcançar o desenvolvimento sustentável, onde a sua utilização é pré-requisito necessário para o desenvolvimento econômico e social, enquanto a produção e utilização de energia estão associadas com impactos adversos sobre saúde pública e do ambiente (IAEA,2007).

Andrade e Mattei (2013) aponta três aspectos básicos para sustentabilidade energética: mudança do paradigma em relação ao padrão de consumo atual; busca por uma maior eficiência energética dos atuais processos produtivos; desenvolvimento e inserção de tecnologias energéticas limpas. Enquanto a OECD (1997) considera que o desenvolvimento sustentável do setor energético depende de achar caminhos para atender as necessidades da demanda, obedecendo a critérios de meio ambiente sustentável, socialmente equitativo, economicamente viável.

Para Machado et al (2008) o conceito de sustentabilidade energética incorpora a análise da dimensão ambiental, ou seja, se o processo produtivo e de consumo possui ao mesmo tempo na sua entrada uma fonte de energia cuja aquisição seja ambientalmente cíclica e renovável e se os poluentes relacionados à produção e ao consumo de energia não excedem a capacidade de absorção média do ambiente, e em que medida atua como um meio de ação para reduzir as emissões de gases poluentes na atmosfera, o uso intensivo de recursos hídricos e extensivo de terra e a produção de resíduos, como determinado pelos padrões científicos. A dimensão social, ou seja, se o processo produtivo e de consumo afeta a saúde e o bem-estar das pessoas diretamente relacionadas, e se é incluyente quantitativa e qualitativamente em termos de geração de empregos e de renda. E por ultimo a análise da dimensão econômica, ou seja, em que ponto o preço real da energia para utilização final influi sobre a demanda energética nacional e internacional e, conseqüentemente, na pressão exercida sobre o meio ambiente pelas atividades de produção e de consumo da energia. Portanto, é importante para as decisões políticas compreender as implicações e impactos das diferentes programas de energia, políticas alternativas, estratégias e planos de desenvolvimento na formação dentro da sua países, e viabilidade de tornar o desenvolvimento sustentável ao longo do tempo.

2.3 Indicadores De Sustentabilidade

Desde a publicação do Relatório Brundtland, em 1987, diversas organizações internacionais e organizações nacionais têm vindo a desenvolver conjuntos de indicadores para medir e avaliar um ou mais aspectos do desenvolvimento sustentável. Estes esforços receberam um grande impulso na sequência da adopção da Agenda 21 na Cimeira da Terra, em 1992, que (no capítulo 40) solicita especificamente países e governamental internacional e não governamental as organizações a desenvolver o conceito de indicadores de desenvolvimento sustentável e para harmonizá-las a nível nacional, regional e global (IAEA,2005). A necessidade de utilizar indicadores está na possibilidade de consecução de informações a respeito de determinada realidade e possui como principal característica o potencial de concatenar um conjunto complexo de informações retendo apenas o significado essencial dos aspectos estudados, sendo que esses indicadores de sustentabilidade mostram as variações de valores ou estados de determinada variável, que se apresentando distintos no

tempo, sinalizam aspectos fundamentais ou prioritários no processo de desenvolvimento, particularmente em relação às variáveis que afetam a sustentabilidade (CAMARGO et al, 2004). De acordo com Martins e Cândido (2008), “os indicadores de sustentabilidade são essenciais para concretizar um processo de desenvolvimento em bases sustentáveis”. Enquanto para Vasconcelos (2010), “os indicadores de sustentabilidade se mostram como uma importante ferramenta de mensuração uma vez que pode alertar sobre os problemas existentes”.

Segundo WRI (1998) bons indicadores devem atender às seguintes características:

- Representatividade: representar com relevância o produto ou processo identificado;
- Comparabilidade: ser comparáveis tanto no espaço como no tempo;
- Coleta de dados: fontes confiáveis deverão existir para suprir os dados;
- Clareza e síntese: transmitir a informação de modo simples sendo a síntese do identificado;
- Previsão e metas: prever problemas visando soluções e ser instrumento para definição de metas.

Os indicadores tem como objetivo principal agregar e quantificar informações de uma maneira que sua significância fique mais aparente, sintetizando as informações complexas sobre um fenômeno melhorando sua informação. Então servindo para auxiliar nas simplificações das informações como também auxilia nas tomadas de decisões frente ao desenvolvimento sustentável, e pode classificar os tais indicadores como unidimensionais, ou seja, possuem uma dimensão do desenvolvimento sustentável (ex: indicadores social) e multidimensionais, indicadores que combinam mais de uma dimensão (ex: uso de energia/pessoa: econômico / social) (VAN BALLEEN, 2006). Em outras palavras, indicadores multidimensionais são formados pelos unidimensionais. Uma vez que os indicadores de sustentabilidade são compostos por diferentes indicadores.

Diante da importância de mensurar a sustentabilidade surgem como questão estratégica, os indicadores de energia para o desenvolvimento sustentável, sendo estes uma ferramenta importante de planejamento para alcançar o desenvolvimento sustentável. Os indicadores são destinados a fornecer uma ferramenta flexível para analistas e tomadores de decisão para que possam compreender melhor a sua situação e as tendências, assim como os impactos das políticas recentes e os potenciais impactos das mudanças políticas. Perante este fato em 1999 a Agencia Internacional de Energia Atomica (IAEA) iniciou um trabalho para elaboração de um conjunto de indicadores de sustentabilidade energética em cooperação com diversas organizações internacionais, esse sistema busca eliminar as duplicações e servir como ferramenta de análise em qualquer país. Esse conjunto denominado, Energia Indicadores de Desenvolvimento Sustentável (EISD), englobava as dimensões econômicas, social e ambiental do uso da energia, tendo como objetivo estabelecimento de ferramenta analítica que possibilite a avaliação, o monitoramento e a comparação do nível de sustentabilidade energética (IAEA, 2005).

Para definir quais indicadores tem importância deve considerar o ambiente, além de avaliar a realidade em questão. Por outro lado, quando um conjunto de indicadores é estabelecido, é essencial que esses privilegiem as interações entre os componentes e suas dimensões. Diante desses fatos torna-se necessário que os indicadores de sustentabilidade energética sejam descritos para que se possa perceber as relações dos critérios de avaliação com indicador, assim como do indicador com a sustentabilidade energética.

3. Procedimentos Metodológicos

A proposta dos indicadores de sustentabilidade energética foi elaborada, a partir do guia de diretrizes e metodologias da Agencia Internacional de Energia Atômica, onde tais

indicadores adotaram a abordagem do tipo pressão, estado e resposta desenvolvido pela Organização de Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), em 1993, onde esta favorece sua utilização uma vez que possui uma visão de causalidade das pressões que as atividades humanas exercem sobre o ambiente, modificando a qualidade e a quantidade dos recursos naturais (MENDES, 2005). De acordo com IAEA (2005) é fornecida uma descrição completa de cada um dos indicadores no conjunto de núcleo EISD, sendo essas concebidas para fornecer ao usuário todas as informações necessárias para desenvolver os indicadores.

- Informações básicas sobre o indicador, incluindo a sua definição e unidade de medição, definições alternativas, dados auxiliares ou indicadores necessários para a sua desenvolvimento e da Agenda 21 capítulo relevante.
- relevância política, incluindo a finalidade e importância para o desenvolvimento sustentável; convenções internacionais, acordos, objetivos ou normas recomendadas, se aplicável; e ligação a outros indicadores relacionados.
- descrição metodológica, incluindo definições e conceitos subjacentes, métodos de medição, limitações e definições alternativas.
- Avaliação de dados, incluindo os dados necessários para compilar o indicador, disponibilidade nacional e internacional de dados e fontes, e relacionado publicações que incluem indicadores semelhantes ou afins.
- Referências

A partir das diretrizes do IAEA, assim como da caracterização e contextualização da região e do setor, elaborou-se um sistema de indicadores de sustentabilidade energética dividido em três dimensões Social, Econômica e Ambiental. A dimensão social foi subdividida em dois temas: saúde e equidade, onde este tema se divide em acessibilidade, disparidade. Já a dimensão econômica foca na questão dos padrões de produção e consumo, sendo subdividida em: uso geral, Produtividade, Fontes Eficientes, Produção, Segurança Energética e Preço. Enquanto que a dimensão ambiental se divide em ar, água, terra e socioambiental.

Dada estas diretrizes, faz-se necessário destacar a questão de como cada indicador irá se relacionar com a sustentabilidade energética, onde esta relação se dará de forma positiva a partir que o valor do indicador cresça o mesmo influencie positivamente a sustentabilidade energética, enquanto essa relação será negativo quando a medida que valor do indicador cresça, influencie o indicador de forma negativa quanto a sustentabilidade Energética Para que os indicadores pudessem ser escolhidos e adaptados as peculiaridades dos municípios do Rio Grande do Norte que instalaram parques eólicos em seu território, realizou-se uma caracterização da localidade através de levantamento bibliográfico e documental.

4. Apresentação e análise de resultados

4.1 Contextualização do Setor Eólico no Rio Grande do Norte

O Rio Grande do Norte é um dos Estados da região Nordeste que recebeu investimentos importantes do setor eólico, tal fator é consequência da implantação de políticas de atração para o setor eólico, buscando atrelar a potencialidade do vento com o encadeamento produtivo, e buscando gerar externalidades positivas e benefícios socioeconômicos. A constatação desse potencial eólico deve-se a uma iniciativa da Companhia Energética do Rio Grande do Norte (COSERN) em parceria com a Iberdrola

Empreendimentos do Brasil S.A (IBENBRASIL), que, a partir da instalação de 8 torres de 48 metros de altura para observação das velocidades médias e máximas dos ventos.

Mesmo com o potencial esse crescimento do setor eólico no Rio Grande do Norte, assim como da região Nordeste foram auxiliados pela implantação de políticas específicas para contratação de energia eólica, tais como a criação PROINFA e dos leilões, como também o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social- BNDES que tem permitido o desenvolvimento da indústria eólica no país, sendo suas ações principais as de concentrar linhas preferenciais de empréstimos para esse setor, permitindo uma abertura de financiamento importante com juros reduzidos, prazos compatíveis com o tipo de investimento e eliminação do risco cambial na importação de componentes e peças eólicas (PODCAMENI, 2014). Porém nos últimos anos o Rio Grande do Norte tem perdido mercado, influenciado pelas novas restrições dos leilões, onde há a exigência que os projetos participantes dos leilões precisam ter linhas de transmissão, pode-se inferir que esses Estados que ganharam representatividade nos leilões realizados em 2013 são os que oferecem melhores condições infraestruturas de escoamento da energia gerada e, portanto, maior probabilidade de investimentos a serem realizados nesse segmento naqueles espaços (MACEDO, 2015).

Portanto constata-se que apesar do Rio Grande do Norte ser um dos beneficiários da atividade eólica realizada na região Nordeste, de acordo com esse Estado enfrenta alguns desafios como: Estradas de má qualidade (estreitas e com buracos); Instalação de comunidades nas beiras das estradas, o que implica aumento de riscos de acidentes; Presença de cavalos, burros e cães na beira das estradas, que podem provocar acidentes graves; Redução drástica no limite de velocidade, justificada pela proximidade das comunidades às estradas; Intervenção política de alguns coronéis e fazendeiros, nos processos licenciamento ambiental; Aumento de custos por parte dos empreendedores para a destinação final dos resíduos sólidos provenientes das usinas, uma vez que os locais de disposição licenciados se encontram muito distantes; Dificuldades em cumprir a preservação das áreas de Reserva Legal (as quais são obrigatórias), porque algumas comunidades não respeitam tal obrigatoriedade (MACEDO, 2015).

4.2 Descrição dos Indicadores de Sustentabilidade Energética

Na definição de indicadores para sistemas energéticos é importante levar em consideração as ações da sociedade relacionadas ao uso racional da energia, as fontes de energia disponíveis localmente e que tenham um potencial de uso interessante tecnicamente, avaliando seu rendimento e a alteração ambiental que suas utilizações geram. Além de avaliar se economicamente tal exploração é viável. Os indicadores avaliam a situação atual e para que uma situação futura mais sustentável seja alcançada, ações de melhoria foram determinadas para a busca da sustentabilidade. Dos Indicadores de Sustentabilidade Energética (EIDS) da IEIA foram escolhidos indicadores, assim como também foram incluídos indicadores conforme as peculiaridades da região e do setor eólico.

Os indicadores das três dimensões terão como critério de avaliação a evolução da sustentabilidade desde o crescimento da energia eólica em 2006 até 2015, para que possa notar a possível evolução ou não da sustentabilidade energética influenciada pela cadeia eólica, porém cada indicador também terá critérios individuais de acordo com valores dos índices Estaduais, Nacionais.

As descrições dos indicadores energéticos serão elaboradas diante de três componentes. O primeiro será a descrição em si que explicará qual significado do indicador, em seguida faz-se uma análise da relação do índice em relação a positividade ou negatividade

do índice mencionado na metodologia, e por último é demonstrado quais serão os componentes ou fatores utilizados para critério de avaliação.

Dimensão Social

Na dimensão foram escolhidos e adaptados três indicadores do (EIDS) e incluídos outros quatro indicadores para mensurar a equidade e saúde dos municípios. Segundo IAIE (2005) a disponibilidade de energia tem um impacto direto sobre as oportunidades de pobreza, emprego, educação, transição demográfica, poluição interna e saúde, portanto os indicadores da dimensão social têm como objetivo avaliar quanto os empreendimentos da cadeia produtiva eólica tem contribuído para o desenvolvimento local, pois de acordo com Macedo (2015) o novo modelo do Sistema Elétrico Brasileiro, implementado a partir de 2003, buscou retomar o planejamento setorial, sendo criado, para tanto, em 2004, a Empresa de Pesquisa Energética (EPE), que leva em consideração que a expansão da oferta de energia elétrica deve privilegiar aspectos socioambientais. Ante essa afirmação se faz necessário medir se de fato esses empreendimentos energéticos trouxeram benefícios sociais para as regiões onde foram instaladas. Diante de tais fatos os indicadores (Ver Quadro 1) estão descritos como:

DIMENSÃO SOCIAL	PROPOSTA DE INDICADORES SUSTENTABILIDADE ENERGÉTICA			
	Tema	Sub-tema	Indicador Energético	
	Equidade	Acessibilidade	Social 1	Porcentagem residências sem eletricidade
Social 2			Parcela da População empregada em empreendimentos da cadeia produtiva eólica	
Desigualdade		Social 3	A utilização de energia residencial por representativos para cada grupo de renda correspondente em quintis (20%)	
		Social 4	Parcela da População atendida por programa de qualificação	
		Social 5	Homicídios	
Saúde		Social 6	Acidentes de trabalhos	
		Social 7	Parcela da População com acesso a saneamento básico	

Quadro 1 – Dimensão Social dos indicadores de sustentabilidade energética

Fonte: Adaptado de AIEA (2005)

SOCIAL 1 - Percentagem residências (ou população) sem eletricidade

Descrição: Este indicador tem o objetivo de monitorar o progresso na acessibilidade e disponibilidade do serviço de energia elétrica

Relação com Índice: Negativo (Quanto maior número de residências sem energia elétrica maior a insustentabilidade energética)

Critério de Avaliação: Porcentagem de residências sem eletricidade

SOCIAL 2 - Parcela da população empregada em empreendimentos eólicos

Descrição: Este indicador avalia quanto o setor energético esta colaborando com geração de renda da população

Relação com Índice: Positivo (A medida que o índice cresce colabora positivamente para sustentabilidade energética)

Critério de Avaliação: População economicamente ativa trabalhando no setor energético / população economicamente ativa

SOCIAL 3 - A utilização de energia residencial por representativos para cada grupo de renda correspondente em quintis (20%)

Descrição: Este indicador fornece uma medida da disparidade de energia e acessibilidade. O indicador é uma avaliação da quantidade de eletricidade utilizada pela população em relação ao nível de renda

Relação com Índice: Negativo (A disparidade a medida que cresce colabora negativamente para sustentabilidade energética)

Critério de Avaliação: Quilowatts-hora (kWh) por ano em quintis 20%

SOCIAL 4 - Parcela da população atendida por programa de qualificação

Descrição: Este indicador analisa como os empreendimentos eólicos buscam inserir pessoas locais no mercado de trabalho

Relação com Índice: Positivo (A medida que o índice cresce colabora positivamente para sustentabilidade energética)

Critério de Avaliação: Porcentagem da população atendida pela capacitação oferecida pelo setor energético

SOCIAL 5- Quantidade de Homicídio

Descrição: Este indicador serve como parâmetro de desigualdade social, sendo este um dos fatores influenciadores da sustentabilidade energética

Relação com Índice: Negativo (A medida que índice aumenta, contribui negativamente para equidade social, fator da sustentabilidade energética)

Critério de Avaliação: Numero de homicídios por habitante

SOCIAL 6 - Acidentes de trabalhos

Descrição: Este indicador mostra o número de fatalidades no setor energético e atividades correlatas.

Relação com Índice: Negativo (A medida que índice de acidentes cresce, colabora negativamente com a sustentabilidade energética)

Critério de Avaliação: Numero de acidentes em empreendimentos

SOCIAL 7 - Parcela da População com acesso a Saneamento Básico

Descrição: Este indicador serve como parâmetro para avaliar a saúde, pois Segundo World Health Organization - WHO (2004), saneamento é o controle de todos os fatores do meio físico, que exercem ou podem exercer efeitos nocivos sobre o seu bem estar físico, mental e social

Relação com Índice: Negativo (A medida que indicador cresce, colabora negativamente com a sustentabilidade energética)

Critério de Avaliação: Porcentagem de residência com saneamento básico

Diante das descrições dos indicadores sociais nota-se que estes procuram avaliar fatores como acessibilidade da população, impacto dos gastos com energia elétrica na renda, sendo estes fatores importantes para análise das condições sociais de uma região, outro fator é que esses indicadores auxiliam avaliar como a sistema de energia afeta a saúde publica. Portanto percebe-se que a sustentabilidade energética em relação à sociedade se dá através da equidade social, preço justo pela energia e qualidade de vida em relação à saúde humana. A

seguir serão descritos os indicadores da dimensão econômica que buscam avaliar quesitos necessários para abastecimento energético.

Dimensão Econômica

As economias modernas dependem de um abastecimento energético viável e adequado, e desenvolver os países precisam garantir isso como um pré-requisito para a industrialização. Todos os sectores da economia - residencial, comercial, transporte, serviços e agricultura – demanda serviços modernos de energia. Esses serviços, por sua vez promovem econômica e social desenvolvimento a nível local, aumentando a produtividade e permitindo renda local geração. O abastecimento de energia afeta empregos, produtividade e desenvolvimento. A eletricidade é a forma dominante de energia para comunicações, tecnologia da informação, indústria e serviços (IAEA,2005). Perante esse fato para a dimensão Econômica foram escolhidos e adaptados dez indicadores do (EIDS), tais indicadores (Ver Quadro 2) descritos abaixo estão divididos em padrões de produção e consumo, sendo este subdividido em Produção, Produtividade, Fontes Eficientes, Uso Geral, Segurança Energética e Preço.

PROPOSTA DE INDICADORES SUSTENTABILIDADE ENERGÉTICA PARA ENERGIA				
Tema	Sub- tema	Indicador Energético		
Padrões de produção e consumo	Produção	Econômico 1	Proporção entre potencial e capacidade instalada setor eólico	
	Produtividade	Econômico 2	Uso de eletricidade / produto interno bruto (PIB)	
	Fontes Eficientes	Econômico 3	Perdas elétricas nos Parques eólicos	
	Uso geral		Econômico 4	Consumo de energia elétrica Residencial / IDH
			Econômico 5	Utilização final de energia por unidade de valor agrícola adicionado
			Econômico 6	Utilização final de energia por unidade de serviço e Comercio
			Econômico 7	Consumo de Energia Residencial per capita
			Econômico 8	Utilização final de energia por unidade de valor industrial adicionado
	Segurança energética	Econômico 9	A proporção de importações líquidas de energia total ao ano	
	Preço	Econômico 10	Os preços reais pagos pelos consumidores finais de energia	

Quadro 2 – Dimensão Econômica dos indicadores de sustentabilidade energética

Fonte: Adaptado de AIEA (2005)

ECONOMICO 1 – Proporção entre potencial e capacidade instalada setor energético

Descrição: Este indicador fornece uma base para estimar o futuro do abastecimento de energia.

Relação com Índice: Positivo (A medida que indicador cresce influencia positivamente para sustentabilidade energética)

Critério de Avaliação: Potencial /capacidade Instalada em Megawatts (Mw)

ECONOMICO 2 - Uso de eletricidade para O produto interno bruto (PIB)

Descrição: Este indicador reflete as tendências do consumo de energia total em relação ao PIB, indicando a relação geral do consumo de energia para o desenvolvimento econômico.

Relação com Índice: Negativo (A medida que índice cresce, maior será a ineficiência energética, portanto colabora com a insustentabilidade energética)

Critério de Avaliação: Consumo médio de eletricidade/ PIB (Município)

ECONOMICO 3 – Perdas elétricas

Descrição: Este indicador mede a eficiência de conversão de energia e sistemas de distribuição nas cadeias de abastecimento de energia.

Relação com Índice: Negativo (A medida que índice cresce refere a maior perda, ou seja, colabora negativamente para sustentabilidade energética)

Critério de Avaliação: Porcentagem de perda elétrica

ECONOMICO 4 - Consumo Final de Eletricidade Residencial Per Capita

Descrição: Este indicador indica o desenvolvimento da economia e na prestação de serviços vitais que melhoram a qualidade de vida.

Relação com Índice: Positivista (O crescimento de consumo em áreas com IDH baixo, demonstra o desenvolvimento energético sustentável para a região)

Critério de Avaliação: Consumo de energia elétrica Residencial / IDH

ECONOMICO 5 - Utilização final de energia por unidade de valor agrícola adicionado

Descrição: Este indicador é uma medida da intensidade energética no agregado setor agrícola que pode ser usado para a análise de tendências, especialmente em energias renováveis.

Relação com Índice: Positivista (A medida que índice cresce, indica evolução de energia renovável e crescimento econômico na zona rural auxiliando no decréscimo de urbanização e na sustentabilidade energética)

Critério de Avaliação: Megawatts-hora (kWh) setor agrícola / PIB no setor Agrícola

ECONOMICO 6 - Utilização final de energia por unidade de serviço e comercial

Descrição: Este indicador é usado para monitorar as tendências do consumo de energia no serviço.

Relação com Índice: Negativo (A medida que índice cresce demonstra ineficiência energética e insustentabilidade energética)

Critério de Avaliação: Megawatts-hora (kWh) consumidos no comércio / PIB no setor de serviços

ECONOMICO 7 - Quantidade de energia residencial total utilizada por pessoa

Descrição: Este indicador é usado para monitorar o consumo de energia no setor doméstico.

Relação com Índice: Negativo (A medida que cresce demonstra ineficiência energética e insustentabilidade)

Critério de Avaliação: Consumo de energia elétrica Residencial / População (MWh/hab)

ECONOMICO 8 - Utilização final de energia por unidade de valor industrial adicionado

Descrição: Este indicador mede o uso de energia agregado do setor industrial e pode ser utilizado para avaliar tendências em melhorias tecnológicas e mudanças na estrutura do setor industrial e subsetores.

Relação com Índice: Negativo (A medida que cresce demonstra ineficiência energética e insustentabilidade)

Critério de Avaliação: Megawatts-hora (kWh) setor industrial / PIB no setor industrial

ECONOMICO 9 - A proporção de importações líquidas de energia total ao ano

Descrição: Este indicador mede a extensão em que uma região depende de importações para satisfazer as suas necessidades energéticas.

Relação com Índice: Negativo (O crescimento da dependência de uma região, colabora com sua insustentabilidade energética)

Critério de Avaliação: Percentagem de importação de energia ao ano

ECONOMICO 10 - Os preços reais pagos pelos consumidores finais de energia com e sem impostos e subsídios

Descrição: Este indicador reflete o preço final pago pelos consumidores pelo serviço de energia.

Relação com Índice: Negativo (A medida que indicador cresce influencia negativamente para sustentabilidade energética)

Critério de Avaliação: Preço pago por unidade de eletricidade

Nota-se que os indicadores da dimensão econômica para sustentabilidade energética se relacionam com fatores como a eficiência dos sistemas energéticos, a evolução da fontes renováveis na matriz energética, como também avalia a que ponto a fonte energética esta desenvolvida. Estes indicadores buscam avaliar também os impactos dos setores: industrial, comercial, agricultura e residencial sobre o sistema energético, como também de que forma estes influenciam os setores.

Dimensão Ambiental

Para a dimensão ambiental foram escolhidos e adaptados cinco indicadores do (EIDS) e incluídos outros cinco indicadores para mensurar os impactos na atmosfera, terra, água e os socioambientais. Apesar de a energia eólica ser considerada uma energia limpa, se faz necessário mensurar os impactos ambientais que são decorrentes da instalação da cadeia produtiva eólica, pois para que haja a sustentabilidade energética é preciso que se obedeça os critérios de um ambiente sustentável. Portanto os indicadores ambientais (Ver Quadro 2) estão descritos como:

PROPOSTA DE INDICADORES SUSTENTABILIDADE ENERGÉTICA				
DIMENSÃO AMBIENTAL	Tema	Indicador Energético		
	AR	Ambiental 1	Emissões de poluentes atmosféricos provenientes de sistemas de energia	
		Ambiental 2	Impactos Sobre Geologia Local	
	Terra	Ambiental 3	Proporção de resíduos sólidos descartados adequadamente ao total gerado de resíduos sólidos	
		Ambiental 4	Proporção da geração de resíduos sólidos para unidades de energia produzida	
		Ambiental 5	Impacto sobre Flora	
	Água	Ambiental 6	Impactos sobre os recursos hídricos	
	Socioambiental	Ambiental 7	Ações Mitigadoras	
		Ambiental 8	Emissão de ruído	
		Ambiental 9	Impactos visual	
Ambiental 10		Impacto sobre Fauna		

Quadro 3 – Dimensão Social dos indicadores de sustentabilidade energética

Fonte: Adaptado de AIEA (2005)

AMBIENTAL 1 - Emissões de poluentes atmosféricos provenientes de sistemas de energia

Descrição: Este indicador acompanha o lançamento de poluentes do ar para a atmosfera de atividades relacionadas com a energia

Relação com Índice: Negativo (A medida que indicador cresce influencia negativamente para sustentabilidade energética)

Critério de Avaliação: Toneladas por ano

AMBIENTAL 2 - Impactos sobre Geologia

Descrição: Este indicador avalia as modificações devido a instalação de empreendimentos eólicos. Esse indicador é necessário, pois no Estado RN os parques eólicos estão sendo instalados no litoral, onde apresenta uma área de dunas e formações arenosas determinadas conforme a direção dos ventos alísios (COSERN, 2003)

Relação com Índice: Negativo (A medida que o índice cresce, colabora negativamente com a sustentabilidade energética)

Critério de Avaliação: Numero de Empreendimentos eólicos instalados em área de Dunas

AMBIENTAL 3 - Proporção de resíduos sólidos descartados adequadamente ao total gerado de resíduos sólidos

Descrição: O principal objetivo deste indicador é o de avaliar a extensão da adequada destinação de resíduos sólidos do setor de energia

Relação com Índice: Positivo (A medida que indicador cresce influencia positivamente para sustentabilidade energética)

Critério de Avaliação: Percentagem de resíduos adequadamente descartados

AMBIENTAL 4 - Proporção da geração de resíduos sólidos para unidades de energia produzida

Descrição: O principal objetivo deste indicador é fornecer informações sobre a quantidade e tipo de resíduos sólidos gerados a cada ano pelo setor de energia.

Relação com Índice: Negativo (A medida que indicador cresce influencia negativamente para sustentabilidade energética)

Critério de Avaliação: Toneladas de resíduos por unidade de energia produzida horas de megawatts (MWh)

AMBIENTAL 5 - Degradação da Flora

Descrição: Este indicador avalia o nível de supressão vegetal que os empreendimentos eólicos trouxeram para região.

Relação com Índice: Negativo (O crescimento da supressão vegetal colabora negativamente com a sustentabilidade energética)

Critério de Avaliação: Área m² de supressão vegetal após instalação empreendimentos energéticos

AMBIENTAL 6 - Impactos sobre os recursos hídricos

Descrição: Este indicador avalia diante da população se houve interferência na disponibilidade hídrica local.

Relação com Índice: Negativo (A medida que indicador cresce influencia negativamente para sustentabilidade energética)

Critério de Avaliação: disponibilidade da água em metros cúbicos ou Numero de poços perfurados

AMBIENTAL 7 – Ações mitigadoras

Descrição: Este indicador está diretamente relacionado aos indicadores anteriores, analisando quais medidas foram tomadas para minimização dos impactos ambientais decorrentes da implantação e operação de empreendimentos da cadeia eólica, ficando explícita a necessidade estudo ambiental.

Relação com Índice: Positiva (A medida que índice cresce colabora positivamente para sustentabilidade energética)

Critério de Avaliação: Cumprimento das ações indicadas no Estudo de Impacto Ambiental

AMBIENTAL 8 - Emissão de ruído

Descrição: Este indicador mede Níveis de ruído diminuem à medida que aumenta a distância entre turbinas eólicas e são mais comumente expressos em dB(A), decibéis medidos na escala A de compensação do aparelho medidor (decibelímetro), por ser essa a escala que mais se aproxima da percepção humana do ruído;

Relação com Índice: Negativo (A medida que ruído aumenta, aumenta o impacto socioambiental, colaborando negativamente com a sustentabilidade energética)

Critério de Avaliação: decibéis medidos na escala A de compensação do aparelho medidor (decibelímetro)

AMBIENTAL 9 - Impactos visual

Descrição: Este indicador analisa o impacto visual que os parques eólicos trouxeram a região. Os modernos aerogeradores, com alturas das torres superiores a 100 m e comprimento das pás de acima de 30 m, constituem obviamente uma alteração visual da paisagem.

Relação com Índice: Negativo (em áreas turísticas o impacto visual muda foco da paisagem natural, portanto à medida que indicador cresce colabora negativamente com a sustentabilidade energética)

Critério de Avaliação: Medição através de observação da distancia entre empreendimento e a localização do conglomerado de residências mais próximas

AMBIENTAL 10 - Degradação da Fauna

Descrição: Este indicador tem como objetivo avaliar a interferência dos empreendimentos eólicos em relação aos animais, perturbação na migração (mudanças nos padrões de migração); perda de habitat de reprodução e alimentação; alteração dos padrões de movimentação e utilização do habitat devido à perturbação associada à presença das turbinas.

Relação com Índice: Negativo (O crescimento de impactos sobre a fauna afeta negativamente a sustentabilidade energética)

Critério de Avaliação: Avaliação acidentes com aves, impactos na reprodução de peixes, ataques de animais peçonhentos.

A dimensão ambiental para sustentabilidade energética apresentou os indicadores que sofreram uma maior mudança em relação às diretrizes da IAEA, pois estes necessitavam adapta-se a fatores peculiares da energia eólica, tais como impacto visual e com emissão de ruído. Este fator se fez necessário para que fosse possível realizar uma avaliação bem contextualizada dos impactos ambientais que esse crescimento acima da média tem ocasionados as regiões que tiveram empreendimentos da cadeia eólica instaladas em seu território.

A pesquisa, portanto descreveu 27 indicadores, dividido nas três dimensões da sustentabilidade energética, dentre essas se tem a Social (7 indicadores), Econômica (10 indicadores) e Ambiental (10 indicadores). Esses indicadores são uma ferramenta para que se possa avaliar as políticas energéticas implantadas para a fonte eólica, tendo como base para

esta análise os três pilares do conceito de sustentabilidade energética que são o meio ambiente sustentável, população socialmente equitativa e economicamente viável.

Considerações Finais

A partir da pesquisa nota-se que a energia tem sido tratada como um fator especial, principalmente após as crises do petróleo, quando surgem as energias renováveis dentre essas a eólica que vem ganhando cada vez mais espaço na matriz energética mundial. Sendo assim os indicadores da sustentabilidade energética se torna necessário para que se possa mensurar e avaliar essas novas políticas energéticas.

No Brasil essa fonte de energia tem tido crescimento desde 2009 devido a implantação de políticas energéticas e de financiamento do BNDES para cadeia eólica. Inicialmente o Estado do Rio Grande do Norte teve destaque na conquista dos leilões, no entanto nos últimos anos o estado vem perdendo espaço para outros Estados como Ceará e Bahia, tal fato ocorre devido às novas restrições dos leilões, dentre essas a exigência que os projetos participantes dos leilões tivessem linhas de transmissão. Além desse fator alguns outros fatores foram apresentados tais como Infraestrutura portuária, rodoviária, como também fatores políticos.

Portanto o trabalho consegue cumprir seu objetivo com êxito, descrevendo um conjunto de indicadores de sustentabilidade energética adaptado para a cadeia produtiva eólica na Região Litorânea do Rio Grande do Norte, nessa descrição foi demonstrado como devido indicador influencia em relação a sustentabilidade energética, assim como os critérios de avaliação que devem ser utilizados para análise dos indicadores. Em relação as dimensões a social procuram avaliar fatores como acessibilidade da população, impacto dos gastos com energia elétrica na renda, como também auxiliam a avaliar como o sistema de energia afeta a saúde pública. Já a dimensão econômica se relaciona com fatores, como a eficiência dos sistemas energéticos, a evolução das fontes renováveis na matriz energética, como também avalia a desenvoltura do setor eólico no Brasil. Enquanto que a dimensão ambiental apresenta os indicadores que sofreram uma maior mudança em relação às diretrizes da IAEA, pois estes necessitavam adapta-se a fatores peculiares da energia eólica, tais como impacto visual e com emissão de ruído.

No entanto há necessidade de projeto piloto para que estes possam ser testados, assim como visitas a área de estudo para que possa haver uma contextualização mais peculiar, onde alguns indicadores poderão ser adicionados ou adaptados para as peculiaridades da região. Apesar do conjunto de indicadores ter sido construídos para serem aplicados no estado RN, o mesmo poderá ser aplicado em outros Estados da região Nordeste. Como o sistema de indicador de sustentabilidade energética atua de modo local, há possibilidade de se ter dificuldade na coleta dos dados para os indicadores.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMARANTE, O. A. C.; ZACK, J.; BROWER, M.; LEITE DE SÁ, A. Atlas do potencial eólico brasileiro. Brasília, 2001.
- CAMARGO, A. S. G.; UGAYA, C. M. L.; AGUDELO, L. P. P. Proposta de definição de indicadores de sustentabilidade para geração de energia elétrica. Revista Educação e Tecnologia, n. 8, p. 1-21, 2004.
- COSERN. **Potencial Eólico do Estado do Rio Grande do Norte**. COSERN. 2003.
- IAEA - INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. **Energy Indicators For Sustainable Development: Guidelines And Methodologies**. IAIE.2005.

IAEA - INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. **Energy Indicators For Sustainable Development: Country Studies on Brazil, Cuba, Lithuania, Mexico, Russian Federation, Slovakia and Thailand.** IAEA.2007.

MACEDO, Luziene D. **Produção de energia elétrica por fonte eólica no Brasil e aspectos de seu impacto na região Nordeste e Rio Grande do Norte.** Campinas: UNICAMP. Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Econômico, 2015. (Tese de Doutorado).

MALHEIROS, T. F.; PHILIPPI JR., A.; COUTINHO, S. M. V. (2008). Agenda 21 nacional e indicadores de desenvolvimento sustentável: contexto brasileiro. Revista Saúde e Sociedade, São Paulo, v. 17, n. 1, p.7-20, mar.

MARTINS, M.F; CANDIDO, G.A. **Índice de Desenvolvimento Sustentável – IDS dos Estados brasileiros e dos municípios da Paraíba.** Campina Grande: SEBRAE, 2008.

MENDES, R. L. R. Indicadores de sustentabilidade do uso doméstico de água. 227f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Sustentável do Trópico Úmido) – Núcleo de Altos Estudos Amazônicos, Universidade Federal do Pará, Belém, 2005.

PACCA, S.; PARENTE, V.; DUTRA, RM. **Energia eólica e desenvolvimento sustentável no Brasil.** 2012. Dissertação (Mestrado em energia) - Instituto de Eletrotécnica e Energia - USP.

PODCAMENI, Maria Gabriela V. B. **Sistema de inovação e energia eólica: a experiência brasileira.** Rio de Janeiro: Instituto de Economia. Programa de Pós-Graduação em Economia, 2014. (Tese de Doutorado).

ROMEIRO, Ademar. Ribeiro. Economia ou economia política da sustentabilidade. In. MAY, P.H. (org.) Economia do Meio Ambiente: teoria e prática. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010

SANTOS, Francisco Carlos Barbosa dos. Desenvolvimento e análise de um índice de sustentabilidade energética utilizando lógica fuzzy. 2010. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Nuclear - Reatores) - Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/85/85133/tde-04082011-103327/>>. Acesso em: 2015-09-09.

VAN BELLEN, Hans Michael. **Indicador de Sustentabilidade:** uma análise comparativa. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas 2006.

VASCONCELOS, A. C. F. et al. Análise da Sustentabilidade entre Municípios do Brejo Paraibano : uma aplicação do Índice de Desenvolvimento Sustentável Municipal – IDSM. 2010.

VEIGA, José Eli da; Indicadores de Sustentabilidade. Estudos Avançados vol. 24 n. 68 pp. 39-52, São Paulo: 2010.

WORLD HEALTH ORGANIZATION – Water, Sanitation and Hygiene Links to Health. November, 2004.

WORLD RESOURCES INSTITUTE - WRI. **World Resources 1998-99: Environmental change and human health.** World Resources Institute - WRI .1998.