

ESTUDO DA VIABILIDADE TÉCNICO- ECONÔMICA PARA INSTALAÇÃO DE UMA USINA EÓLICA NA BAHIA

Vitoria Rafaela Matos Miranda

George de Souza Mustafa

RESUMO

Este trabalho de Conclusão de Curso tem por finalidade de mostrar toda a análise feita de um estudo preliminar da viabilidade técnico-econômica para instalação de uma usina eólica na Bahia. Serão demonstrados os principais pontos referentes aos estudos realizados: Mercado, para identificar quais são as perspectivas de consumo/mercado com a instalação da indústria; Localização, a partir de análises de alguns critérios, será definido o melhor local no quesito custo/benefício; Estudo técnico que irá selecionar os principais equipamentos necessários para o funcionamento da planta e as suas especificações técnicas e o estudo Econômico que será responsável pela análise de viabilidade econômica do negócio.

Palavras-Chave: Energias Renováveis, Energia eólica, Energia Solar, EVTE.

ABSTRACT

This Course Completion work aims to show the entire analysis made of a preliminary study of the technical and economic feasibility for installing a wind farm in Bahia. The main points related to the studies carried out will be demonstrated: Market, to identify which are the perspectives of consumption / market with the installation of the industry; Location, based on analysis of some criteria, will define the best location in terms of cost / benefit; Technical study that will select the main equipment necessary for the operation of the plant and its technical specifications and the Economic study that will be responsible for analyzing the economic viability of the business.

Key-words: Renewable Energy, Wind Energy, Solar Energy, EVTE.

1. INTRODUÇÃO

A matriz energética de um país pode ser definida como um conjunto de recursos utilizados para fornecimento energético e dentro disso, são inseridos prováveis elementos de origem, transformação e uso final da energia existentes. O Brasil possui um enorme potencial em termos de insolação, pois o pior estado nesses termos é Santa Catarina, e ainda assim ele possui a média de insolação superior à Alemanha, mostrando assim que, se o mesmo método que é aplicado na Alemanha com relação a energia solar funciona, então quando for aplicado ao Brasil será um sucesso. Devido ao Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica, o Brasil conseguiu registrar um aumento extremamente significativo no que se refere a aplicação da tecnologia da energia eólica, através da investigação do potencial geográfico para elaboração da mesma (CASTELAR et al., 2000)

Referente a Constituição Federal com relação as energias renováveis, é perceptível o fato de possuir poucas informações e uma simples abordagem. Somente no art. 17623 que é feita uma alusão ao potencial hidráulico, como uma alternativa renovável, e em seu parágrafo 4º, é mencionado a probabilidade de se dispensar o aproveitamento de energia renovável de capacidade reduzida. Ademais, o art. 44 da Carta Magna inclusive traz disciplina para essa fonte de energia renovável.

Tendo em vista que o Brasil possui uma abundância territorial possibilitando as implantações das energias renováveis eólicas, com embasamento teórico fica a critério das condições tecnológicas e econômicas serem desenvolvidas para que este potencial e esta ampla variedade seja realmente utilizada. Para contribuição no aumento da produtividade, redução dos custos, conservação dos recursos naturais e redução dos contaminantes decorrentes das emissões, é necessário um aumento significativo dos investimentos nas fontes energéticas renováveis que em sua produção asseguram as condições de sustentabilidade ao meio ambiente além da realização da construção de novas plantas energéticas, sendo necessário um desprendimento de dinheiro para investimentos nos setores de pesquisa e tecnologia, uma conjuntura econômica, aproveitamento e recuperação dos recursos que estão disponíveis. Este trabalho tem como objeto realizar um estudo de caso que apresente uma análise da viabilidade técnica e econômica da implantação de um sistema de energias renováveis dando destaque à questão da energia eólica na Bahia, proporcionando maior conhecimento referente a alternativas energéticas bem como seus aspectos positivos e negativos. (BARBOSA, 2014)

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A Sociedade e a Energia

A pauta entre a sociedade e a energia, com relação ao desenvolvimento socioeconômico é muito discutida pelos cientistas devido ao crescimento da indústria e a necessidade de melhoria de vida da sociedade com relação ao aumento do consumo de energia e dos recursos energéticos disponíveis. A averiguação desta relação tem a ver com a importância dada a questão energética, através dos países que estão em desenvolvimento, pois o aumento do conhecimento neste setor, gera um crescimento de um maior controle sobre a natureza, além de extrair da mesma, os recursos que possibilitam melhorar o padrão de vida, sendo assim, o aumento de conhecimento sobre os recursos energéticos gera conquistas relacionadas ao desenvolvimento tecnológico do país. Desta forma, o progresso técnico que ocasionou no desenvolvimento industrial atual, partindo ele do século XVIII até este século permitiu à humanidade um aumento relevante do consumo de energia. (ROSA, 1985)

Durante a Dinastia Han 206 a.C. e mais tarde na Dinastia Ming nos anos de 1368 a 1644, na China, surgiram os primeiros sinais de manejo florestal com foco na obtenção da madeira de construção e lenha. Conforme foram ocorrendo novas descobertas sobre a utilização das fontes de energia, a sociedade humana foi encontrando um novo caminho para a sua evolução. Nos relatos das primeiras civilizações, pode-se encontrar informações sobre a cultura de irrigação dos cereais na mesopotâmia, que ocorreu há cerca de seis mil anos atrás, onde sua fonte de energia era o trabalho braçal e a utilização da energia cinética da trajetória da água, completada pela tração animal e a utilização da lenha, pois nesta época já existia um controle no emprego do fogo. (HÉMERY et al., 1991).

Há mais de quatro mil anos atrás, na Ucrânia, foi através da utilização da tração animal, mais especificamente, dos cavalos (que também foram utilizados para montaria), ocorreu a viabilidade de transportar alimentos e madeiras para regiões afastadas que tinham pouco acesso, abrangendo assim o uso da lenha como uma fonte de energia regular para fundições primordiais e olarias, fomentando intensas transformações sociais e econômicas que foram estendidas na idade do cobre para a Europa Ocidental. (ANTHONY et al., 1991).

Por volta de 1700 a 1800, na Inglaterra, houve um acréscimo na extração de madeiras e lenha, o que ocasionou uma devastação nas florestas, gerado também devido às construções de navios. Como o carvão era um produto que tinha em tanta abundância onde chegava a ser aflorado nas

superfícies de alguns terrenos da região e com um custo baixo, tornou-se uma fonte de energia com empregabilidade maior do que a madeira. Em decorrência disto, as jazidas carboníferas que estavam mais acessíveis foram se esgotando devido a isto exploração a ser feita nos subsolos, nas minas e nos poços, tornando necessário o bombeamento. Com esta necessidade, surgiu uma necessidade dos ingleses e escoceses em empreender a máquina a vapor para acionamento de bombas em minas de carvão. Inicialmente se referindo as propriedades expansivas do ar aquecido para o acionamento de mecanismos correspondente aos mecânicos da escola originada por Alexandre, o Grande, que elevou a tecnologia grega a um alto nível de desenvolvimento. (JACOMY, 1990).

Mesmo o carvão sendo um combustível bastante consumido, o petróleo foi o que consolidou o padrão industrial moderno, definida pela produção em massa, nos setores como o naval, o ferroviário, automobilístico, entre outros; atuando também no desenvolvimento tecnológico de satélites e em linhas de produção. Conforme foram geradas situações mais complexas com as antigas fontes de energia, foram criadas fontes novas de energia que substituíram as velhas e atuavam de maneira mais eficientes. Desta forma, as forças braçais foram sendo um acréscimo pela lenha e a tração animal, que foi sendo o acréscimo das energias dos ventos e das águas, etc. Em seguida o petróleo se tornou um acréscimo ao carvão, que por sua vez, terminou substituindo ele nos modelos mais atuais, como na indústria, na agroindústria e nos transportes, conforme as matrizes energéticas fossem se ajustando as fontes. Os modos de transformações de energia mais conhecidas são as usinas termelétricas, as hidroelétricas e as usinas nucleares. Além das alternativas energéticas que tem ganhado bastante espaço atualmente, sendo elas a energia solar, a eólica e a geotérmica. (BERMANN, 2003)

As usinas termelétricas possuem a vantagem de ser instaladas mais perto dos locais de serviço, além de ter o tempo de estruturação relativamente curto quando comparado aos demais e tem custos de investimento mais baixos. Contudo, seu funcionamento depende de combustíveis, que são causam danos ao meio ambiente e que não são renováveis. O carvão mineral quando utilizado emite óxidos de nitrogênio e enxofre, responsáveis pela formação de chuvas ácidas e o dióxido de carbono que tem bastante influência no efeito estufa. Pode ser produzido com derivados de petróleo que produzem monóxido de carbono, óxidos de nitrogênio e dióxido de carbono. Quando atua utilizando gás natural, libera óxido de nitrogênio e dióxido de carbono. Além do mais, esse tipo de usina tem que competir com outros derivados dos combustíveis que utiliza. Uma fonte renovável que está sendo utilizada para energia térmica é a biomassa produzida pelo bagaço da cana de açúcar e de cascas de arroz. (GRIMONI,2004)

As usinas hidroelétricas por sua vez não emitem gases tóxicos, possuem um baixo custo de operação e é proveniente de fontes renováveis. Por outro lado, as consequências ambientais são inundações de vastas áreas devido a represa, a destruição ou alteração da fauna e da flora, podem provocar impactos ambientais como o desmatamento, dependendo do agravamento pode atingir aos povoados vizinhos, a decomposição da vegetação submersa nas barragens dá origem aos gases metano, carbônico e óxido nitroso que causam mudanças no clima da terra, e necessitam ser implantadas em locais mais propícios, ou seja, rios com queda d'água, que constantemente podem estar longe de onde há a necessidade do consumo. As outras alternativas energéticas citadas, como as usinas eólicas, solar e geotérmicas se sobressaem por serem fontes renováveis e limpas. Contudo, com a tecnologia atual de alguns países, seu investimento sai muito caro e os preços não se tornam competitivos. (CARVALHO, 2011).

Outrossim, o Brasil tem diversos privilégios quando se refere ao cultivo de biomassa, devido a riqueza do país, pois tem um potencial não só com base na terra fértil, mas também na insolação, dois dos fatores que existe em abundância e que são extremamente importantes. Esta biomassa pode ser produzida através da cana de açúcar, do milho, da soja, do dendê ou de outras plantas que são utilizadas para produção de energia, dados através da produção do álcool ou do biodiesel. Além disso, o cultivo de biomassa dentre as suas qualidades, impulsionando a ampliação da produção de empregos e até mesmo o desenvolvimento dos produtores, o que alimenta o desenvolvimento econômico e social no Brasil. Outra possibilidade para a aplicação energética da biomassa, se refere à produção de óleos vegetais por meio de aperfeiçoamento no rendimento, além da energia eólica e solar. (BERMANN, 2003)

Para contribuição no aumento da produtividade, redução dos custos, conservação dos recursos naturais e redução dos contaminantes decorrentes das emissões, é necessário um aumento significativo dos investimentos nas fontes energéticas renováveis que em sua produção asseguram as condições de sustentabilidade ao meio ambiente além da realização da construção de novas plantas energéticas. Referente a Constituição Federal com relação as energias renováveis, é perceptível o fato de possuir poucas informações e uma simples abordagem. Somente no art. 17623 que é feito uma alusão ao potencial hidráulico, como uma alternativa renovável, e em seu parágrafo 4º, é mencionado a probabilidade de se dispensar o aproveitamento de energia renovável de capacidade reduzida. Ademais, o art. 44 da Carta Magna inclusive traz disciplina para essa fonte de energia renovável.

2.2 Energias Renováveis

Com o aumento dos impactos gerados, os seres humanos começaram a dar mais atenção às questões ambientais para encontrar uma autonomia energética, levando em consideração o fato de que o petróleo não é um recurso renovável, além do seu alto custo de extração em virtude do aumento da profundidade da prospecção, com isso, os países procuraram alternativas energéticas para encontrar uma nova possibilidade de substituição do petróleo, apesar da organização dos países exportadores de petróleo afirmarem que as reservas mundiais têm condições de sustentar a crescente demanda, porém, com a quantidade de efeitos que ele causa continuaria afetando a qualidade de vida e gerando problemas irreversíveis ao meio ambiente. Devido a essas variáveis, é de extrema importância encontrar fontes de energia renováveis para que tenha um desempenho econômico e ao mesmo tempo sustentável, que possibilite o crescimento humano. Como a questão ambiental é significativa para o progresso das nações, não se deve tratar as fontes de energia como um fato isoladamente econômico e sim levar em consideração seus efeitos ao meio, necessitando assim de uma compreensão global sobre o desenvolvimento acompanhado do meio ambiente. (SEM, 2000)

Atualmente a aplicação das energias renováveis já se tornou um conceito respeitável perante a sociedade, favoravelmente pelo seu baixo impacto ambiental e por ser uma alternativa limpa quando comparada às utilizadas anteriormente. Conseqüentemente, muitos países já investiram neste tipo de energia até porque alguns tiveram problemas com as fontes de energias utilizadas antigamente, como explica Eduardo Carvalho: “A decisão do governo da Alemanha de encerrar a geração de energia proveniente de usinas nucleares e diminuir a quantidade de complexos movidos a carvão, responsáveis por altas emissões de carbono, vai aumentar o emprego das energias renováveis no país, como a solar, eólica e biomassa, que saltará dos atuais 16% de toda a matriz energética para 80% até 2050, segundo o plano oficial. A potência instalada de fontes renováveis deverá chegar a 163,3 GW” (CARVALHO, 2011)

Normalmente, os usos das fontes de energias renováveis mais eficientes têm condição local e pontual, de maneira a abastecer todas as necessidades de um consumidor individual ou de um pequeno grupo de consumidores. (BARBOSA FILHO, 2013)

2.3 Energia Eólica

O desenvolvimento da capacidade instalada no processo de geração da energia eólica no mundo e a evolução tecnológica dos aerogeradores foi dada entre os anos de 1980 e 2002. Entretanto é no início da década de 1990 o setor de energia eólica começa a apresentar um crescimento exponencial mundial. Segundo o Global Wind Energy Council, o crescimento de capacidade instalada representa o maior acréscimo observado ao longo dos anos, onde o Brasil exerceu um acréscimo considerável em grande parte à instalação dos parques eólicos.

A tecnologia da energia eólica começou a ser desenvolvida desde os moinhos de ventos utilizados em 1700 a.C. até os tempos atuais com os modelos modernos de aerogeradores de eletricidade. Entretanto os estudos sobre o processo de conversão da energia cinética em eletricidade sendo produzida através do vento vem sendo progressista a cerca de 150 anos atrás. Na Dinamarca por volta de 1980 foram fabricadas as primeiras turbinas, através de companhias de equipamentos agrícolas onde seu início é considerado um grande avanço no desenvolvimento quando se refere a aplicação da energia eólica com o intuito de gerar de eletricidade. Estas turbinas tinham a capacidade de geração consideravelmente reduzida quando comparada às utilizadas atualmente, porém foi um marco para um caminho mais consciente referente a energias renováveis. As Políticas internas tiveram um enorme papel de favorecer o crescimento deste setor, de uma forma que, a Dinamarca hoje é o país que apresenta o maior investimento e a maior contribuição energética eólica em sua matriz de energia, além de ser o maior fabricante mundial de turbinas eólicas. (BARBA, 2013)

Quando abordamos sobre impactos socioambientais negativos das usinas eólicas os que mais se destacam são os sonoros e os visuais, pois os impactos sonoros são gerados devidos ao ruído dos rotores e variam de acordo com as especificações dos equipamentos, onde as turbinas de múltiplas pás são menos eficientes e mais barulhentas que os aerogeradores de hélices de alta velocidade e os impactos visuais são gerados conseqüente ao agrupamento das torres e dos aerogeradores, principalmente no caso de centrais eólicas com um número considerável de turbinas, também conhecidas como fazendas eólicas. Estes impactos gerados pela energia eólica costumam variar de acordo com o lugar das instalações, e conseqüentemente o arranjo das torres e as suas especificações referentes às turbinas. Apesar do efeito negativo, relacionado a alteração gerada na paisagem natural, uma forma encontrada para geração de renda, emprego, arrecadações e desenvolvimento local é utilizar destes lugares para atrair turistas que sejam interessados no assunto e que não se intimidem ao barulho. Referentes as centrais eólicas, existe

uma possibilidade de interferência eletromagnética, que acabam se tornando causa de perturbação no sistema de comunicação e transmissão dos dados, sejam eles rádio ou televisão, pois essas interferências variam muito, de acordo ao local onde foi instalada. Outro agravante importante de salientar é a possível interferência nas rotas de aves que devem ser levadas em consideração nos estudos e relatórios onde constam todos impactos ambientais que podem ser gerados para que não ocorra nenhuma extinção ou desequilíbrio ambiental. Para evitar transtornos à população vizinha o nível de ruído das turbinas deve atender às normas e padrões estabelecidos pela legislação, além dos entraves nas linhas de transmissão e dos impactos ambientais, existem diversos outros obstáculos que impedem uma melhor visualização do cenário energético, bem como suas possibilidades e oportunidades. (BARBA, 2013).

Ao analisar o cenário da energia eólica, existem necessidades de ampliação de pesquisas referentes ao assunto, onde é através da inovação tecnológica vai ser gerado um desenvolvimento sustentável, onde vai ser possível agregar valores para a sociedade e para as empresas. Então para uma implementação adequada é necessário o planejamento em longo prazo; investimento em pesquisas e desenvolvimento tecnológico e a atenção do governo brasileiro voltada para a área. (BESSANT e TIDD, 2009)

De acordo com dados fornecidos pelo Departamento de Energia dos EUA, a demanda por energia elétrica no mundo cresce nos próximos anos, onde no ano de 2035 deverá ter um crescimento em torno de 45%, já que a energia eólica é uma forma mais nobre de energia, a demanda por energia elétrica aumentar a taxa de crescimento da alternativa energética, e por isso é necessário aumento nas pesquisas para planejamento.

Pensando na segurança energética e nas mudanças climáticas, alguns países desenvolvidos estão procurando acelerar a delegação da matriz energética, particularmente incrementando a introdução das fontes de energias renováveis, que já foi comprovada ser um modelo de substituição da energia fóssil pela energia renovável onde é possível ter uma redução descomunal da emissão dos gases que contribuem para o efeito estufa. As fontes renováveis de energia surgem como uma alternativa para o planeta no que se refere a redução das emissões e focando justamente na junção e no alinhar do crescimento econômico com o equilíbrio ambiental, onde atuando que juntos fazem parte do processo de evolução da civilização de maneira consciente sem gerar tantos danos. (BARBOSA, 2014)

2.4 Energia Eólica na Bahia

O Brasil possui um dos maiores potenciais eólicos do planeta, tendo como a região de maior destaque a Nordeste do país. Devido a isso, ao longo dos últimos anos, a Bahia vem ganhando lugar na posição de líder brasileiro nos investimentos em energia eólica, por ser um estado que apresenta um significativo desenvolvimento neste ramo energético, com uma enorme capacidade estimada. Além das usinas eólicas que estão espalhadas pelo sertão, onde se localiza grande parte do potencial do Estado, existe a organização do parque industrial voltado para a produção de equipamentos, onde, com aumento de investimento, onde a Bahia está consolidada como o principal polo nacional na fabricação de componentes em que a cadeia produtiva já conta grandes empreendimentos instalados. (BESSANT e TIDD, 2009)

Desde 1994, o Estado da Bahia tem sido objeto de estudos de pesquisa e desenvolvimento com vistas ao planejamento e à implantação de fontes alternativas de energia em seu sistema gerador elétrico, onde os órgãos governamentais no Estado da Bahia que gerenciam os processos de licenciamento ambiental de novos empreendimentos eólicos são, quando sendo referido a federal, o Ministério de Meio Ambiente através do Instituto Brasileiro de Meio Ambiente – IBAMA e, quando estadual, a Secretaria de Meio Ambiente – SEMA, tendo como órgão responsável o Instituto de Meio Ambiente e Recursos Hídricos – INEMA. A base da legislação ambiental vigente inclui o novo Código Florestal Brasileiro, a Política Nacional do Meio Ambiente, as resoluções do Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA e a Política de Meio Ambiente do Estado da Bahia, entre outros. No Estado da Bahia, os processos também são guiados pelo Conselho Estadual de Meio Ambiente – CEPRAM, por meio de um marco regulatório específico que estabelece critérios e procedimentos para subsidiar o licenciamento ambiental. (BARBOSA, 2014)

O Licenciamento Ambiental de empreendimentos de infraestrutura elétrica com pequeno potencial de impacto ambiental é regulado pela Resolução CONAMA 279 desde 2001, onde prevê a apresentação do Relatório Ambiental Simplificado – RAS por parte de quem for montar a usina, com prazo máximo de sessenta dias para a tramitação do processo. Para uma instalação na Bahia, a emissão das licenças de localização é realizada pelo INEMA, que conta com a colaboração da Comissão Técnica de Garantia Ambiental – CTGA da Secretaria de Indústria, Comércio e Mineração. Tal iniciativa tem o objetivo de acelerar o processo de licenciamento inicial para habilitação de empreendimentos eólicos na participação de leilões de energia promovidos pelo Governo Federal. (BARBA, 2013)

3. EVTE

3.1 Estudo de Localização

Segundo Meyer Grubb, 1993, os ventos devem possuir densidade maior ou igual a 500 W/m^2 , a uma altura de 50 m e uma velocidade mínima aceitável dos ventos de 7 a 8 m/s para ser consideravelmente favorável para a instalação. Tendo como base esses parâmetros para realizar o estudo de localização nas áreas da Bahia foram encontrados os seguintes locais sinalizados no mapa como aproveitáveis, onde, Euclides da Cunha possui melhor adequação para a usina eólica.

Figura 1 – Áreas na Bahia consideradas favoráveis para instalação.



FONTE AUTORAL, 2020.

3.1.1 Meio Ambiente

A preocupação com a preservação do meio ambiente é primordial na instalação de uma indústria desse porte. Para proteger o seu patrimônio natural, o Estado da Bahia, em conjunto com o Governo Federal possui uma série de regras para liberação da licença, onde a usina para ter o Licenciamento Ambiental, deve seguir as exigências de distância mínima de 350m, incluindo as subestações e seu entorno, de comunidades circunvizinhas; localização fora da Zona de Amortecimento de Unidade de Conservação de Proteção Integral; ausência de Intervenção física em formações dunares móveis, planícies fluviais e de deflação e mangues, em qualquer fase do empreendimento ou de suas obras associadas;

ausência de Supressão de vegetação arbórea/arbustiva nativa, na área da poligonal do empreendimento. De acordo com o mapeamento dos locais existentes na lista das 164 Unidades de Conservação das áreas de proteção no Estado da Bahia conforme disponibilizadas pelo CONAMA, na localização escolhida não existe nenhuma restrição imposta.

3.2 Estudo de Mercado

Com finalidade de obter informações sobre o mercado em que a empresa será inserida, o estudo consistiu em coletar dados para determinação do ponto de partida até a execução do negócio. Estabeleceu-se que a unidade fabril será dimensionada para os 5 anos futuros, para ser redimensionada posteriormente caso haja mudança no comportamento populacional. Determinando esse prazo tem-se a cautela em tornar a fábrica com seu funcionamento livre de ociosidade.

3.2.1 Projeção Populacional

Projetou-se a população baiana com base nos dados extraídos do site do IBGE:

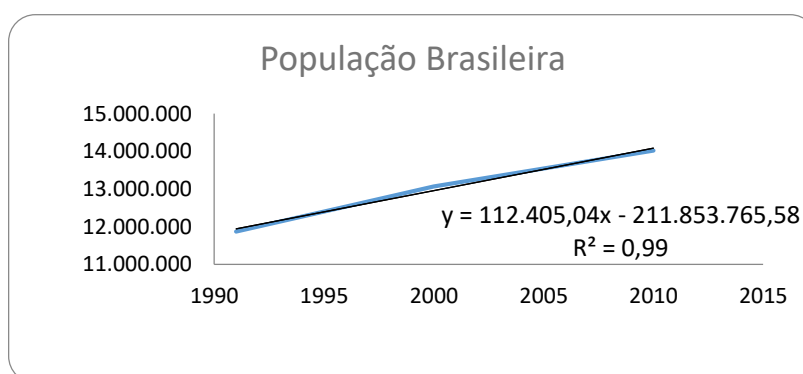
Tabela 1 – Dados populacionais da Bahia.

Ano da realização do censo	População Baiana
1991	11.867.991
1996	12.531.895
2000	13.066.764
2010	14.021.432

FONTE: IBGE, 2010.

Com os dados coletados, esboçou-se o gráfico abaixo, e através da curva de tendência foi possível obter a equação da reta para projeção da população até 2033.

Gráfico 1 – Projeção populacional da Bahia.



FONTE AUTORAL, 2020.

Onde:

Y = expressa a quantidade populacional;

x = expressa o ano que se deseja estimar a população.

3.2.2 Índice de Consumo

Realizou-se uma estimativa de consumo de energia dos anos futuros, mas para tal foi necessário coletar dados consumistas de alguns anos anteriores e por conseguinte obteve-se o índice de consumo/MW/habitante. Na tabela abaixo, determinou-se a capacidade nominal da unidade fabril correspondente a 10% da fatia de mercado consumidor com base nos dados de consumos anuais para cada ano projetado.

Tabela 2 – Consumo e Capacidade nominal da usina eólica.

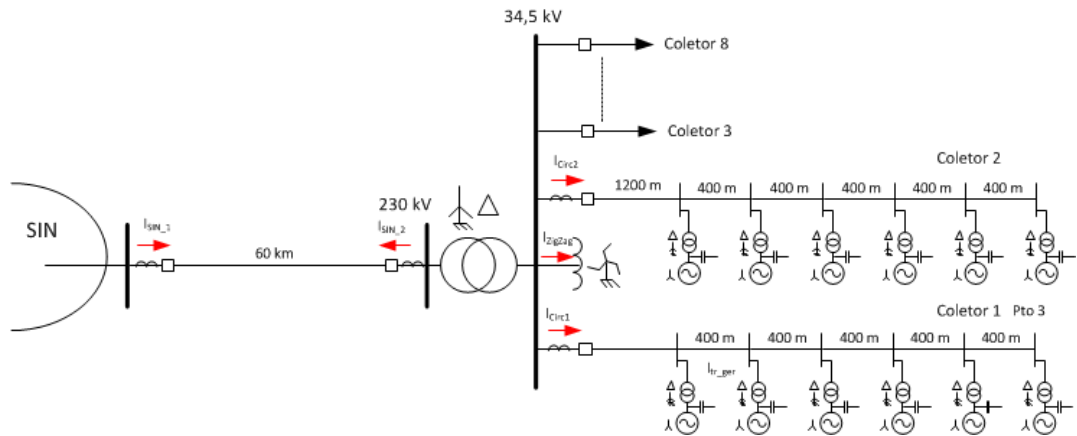
ANO	Consumo (MW)	Capacidade nominal (MW)
2020	9463	946,3
2021	9533	953,3
2022	9603	960,3
2023	9673	967,3
2024	9743	974,3
2025	9813	981,3
2026	9883	988,3
2027	9953	995,3
2028	10023	1.002,3
2029	10093	1.009,3
2030	10163	1.016,3
2031	10233	1.023,3
2032	10302	1.030,2
2033	10372	1.037,2

FORNE AUTORAL, 2020.

3.3 Estudo de Viabilidade Técnica

3.3.1 Fluxograma do setor elétrico

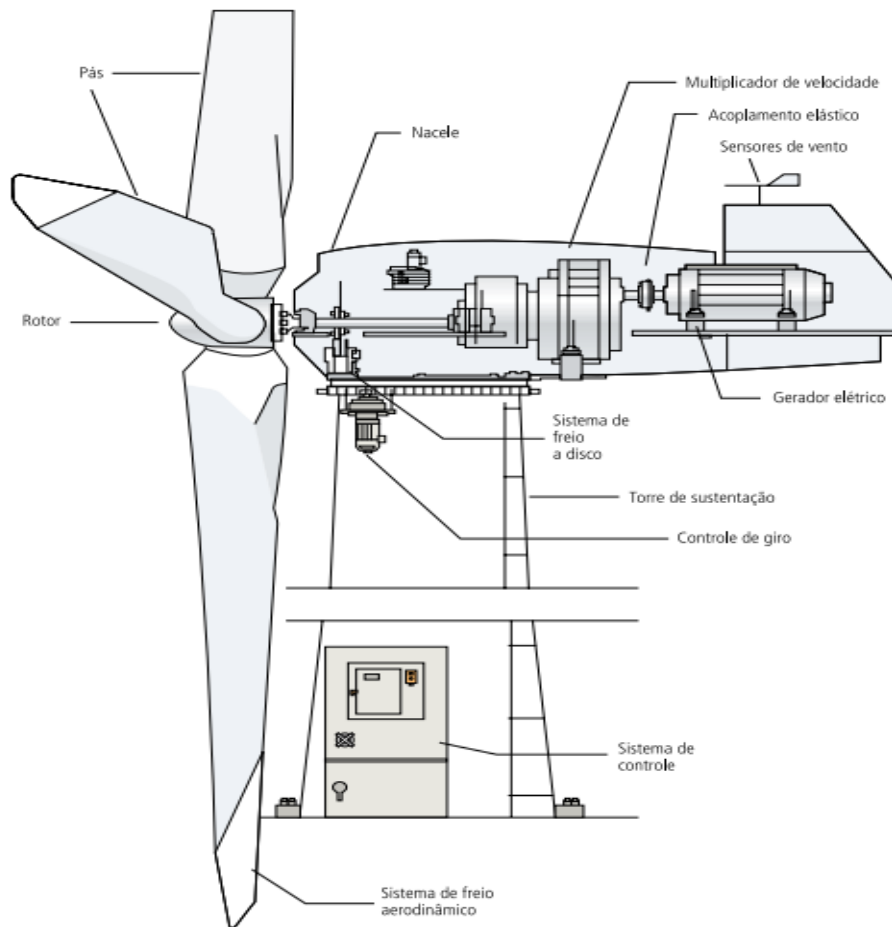
Figura 2 – Estrutura de um parque eólico típico



Fonte: IEEE, 2007.

3.3.2 Desenho esquemático

Figura 3 – Parte interior de uma turbina eólica



Fonte: CBEE/UFPE, 2000.

3.3.3 Lista de equipamentos

Tabela 3 – Listagem dos componentes de uma usina

Lista de equipamentos
Torre
Controle de Orientação
Protetor da Nacelle
Gerador
Anemômetro
Freio elétrico ou mecânico
Caixa de Velocidade
Pás
Rotor

FONTE AUTORAL, 2020.

3.3.4 Cálculo de custo dos equipamentos

Cada equipamento possui uma equação de custo, vale ressaltar que os custos são com base no mercado norte-americano em US\$ e os valores obtidos foram convertidos para moeda R\$.

a) Pás

Uma estimativa da massa de cada pá em função de seu comprimento pode ser dada por:

$$\text{Massa (1 pá)} = 0,4948 R^{2,53}$$

b) Rotor

O diâmetro do rotor das turbinas é determinado dependendo da geração eólica desejada, pois, com o contínuo aumento dos diâmetros, cresce também o peso de toda a Nacelle e, conseqüentemente, da torre. Em termos de produção de energia, esse incremento no diâmetro do rotor acrescenta aproximadamente 40% à produção de energia.

Tabela 4 – Dimensões típicas das turbinas

Geração eólica (kW)	Diâmetro do Rotor (m)
1500 - 2000	80 - 100
2000 - 2500	100 - 115
2500 - 3000	115 – 130
> 3000	>130

Fonte: Atlas eólico da Bahia, 2013.

As turbinas eólicas com potência nominal de até 3000 kW já estão tecnologicamente consolidadas, fato que é verificado pela quantidade de máquinas em operação ao redor do mundo.

c) Aerogerador

Para determinar a potência de um aerogerador

$$P = (1/2) \cdot \rho \cdot A_r \cdot V^3 \cdot C_p \cdot \eta$$

onde:

P = potência em Watts; ρ = densidade do ar em kg/m³ (1-1,2 – ao nível do mar: 1,293).

A_r = área de varredura do rotor em m² ($\pi \cdot d^2 / 4$ - d=diâmetro do rotor);

V = velocidade do vento em m/s;

C_p = coeficiente aerodinâmico de potência do motor (max. 0,45. teórico 0,593);

e η = eficiência do conjunto gerador/transmissões mecânicas e elétricas (~0,93-0,98).

d) Cabos para Torres Eólicas e Nacelle

Para realização dos cálculos do custo dos cabos utilizados nas torres eólicas é feito uma escolha do cabos que tenham de baixa tensão (1 kV) com isolamento em borracha flexível que transmitam a energia produzida no gerador para o transformador, geralmente localizado na base da torre, levando em consideração que entre o transformador e a base da nacelle são utilizados cabos de média tensão, que podem suportar até 35 kV, isolados em borracha flexível. Já na determinação das aplicações fixas, são utilizados cabos de baixa tensão em cobre ou alumínio. Quando se trata da Nacelle, além de ser cabos flexíveis blindados de baixa tensão ele precisa suportar até 120 °C e ter uma blindagem do cabo atende às características de proteção eletromagnética. Os valores dos cabos serão definidos pelo fabricante de acordo com a distância requerida e se será de exportação, submarino ou subterrâneo.

3.3.5 Dimensionamento da Turbina

Levando em consideração um modelo visando a obtenção de um melhor desempenho, optou-se pela turbina cônica de concreto, que possui 140 metros de altura e capacidade para produzir 215,999.1 kWh durante um período de 24 horas.

Tabela 5 – Características da Turbina

Altura da torre (m)	140
Diâmetro do Rotor (m)	164
Altura com o rotor (m)	187
Altura do HUB (m)	105
Comprimento da Pá (m)	80
Peso da Pá (toneladas)	35
Altura da Nacelle (m)	8
Largura da Nacelle (m)	8
Comprimento da Nacelle (m)	20
Peso da Nacelle (toneladas)	390
Gerador (MW)	8
Área (m ²)	21.124

Fonte: Modelo da Vestas V164-8.0MW, 2017.

3.4 Estudo de Viabilidade Econômica

3.4.1 Custo dos equipamentos

Obtém-se a determinação dos custos dos equipamentos necessários de acordo com as necessidades da implantação da unidade e para objetivar uma estimativa de custo para este projeto, optou-se pela abordagem mais simplificada, onde os custos do projeto vão estar variando linearmente de acordo com o número de turbinas da usina. A referência utilizada para determinação do valor da turbina é um modelo genérico de turbina de 5MW, cujo custo médio considerando a torre, a nacelle e o rotor é de R\$ 39.641.000. Dessa maneira, o custo de aquisição para seis turbinas do projeto no modelo V164-8.0MW é de R\$ 380.550.743.

Tabela 6 – Custo de Concretagem por unidade de Turbina

Concretagem	Quantidade (unidade)	Duração (dias)	Custo unitário	Custo total (R\$)
Caminhões de Concreto de ultra desempenho com 10m ³	24*	-	R\$ 4.500	R\$ 108.000
Bombeamento do Concreto	8	-	R\$ 1.300	R\$ 10.400
Mão-de-Obra	12	5	R\$ 4.662	R\$ 279.720
			Somatório	R\$ 398.120

Tabela 7 – Custo de Instalação por unidade de Turbina

Operação	Quantidade (unidade)	Duração (dias)	Custo unitário	Custo total (R\$)
Carregamento (Turbina)	1	0,17	R\$ 1.039.409	R\$ 176.700
Transporte (Turbina)	1	0,39		R\$ 405.370
Instalação (Turbina)	1	1,2		R\$ 1.247.291
Mão-de-Obra	5	1,5	R\$ 2.331	R\$ 17.483
Somatório				R\$ 1.846.844

FONTE AUTORAL, 2020.

Devido ao melhor custo, optou-se pela utilização de cabos subterrâneos, que custam R\$ 980,00 por metro, em comparação com o valor dos cabos de exportação, o que resulta em uma média de R\$ 1.044.712,2 por quilometro. Então levando em consideração a média de 16 mil metros de extensão, o valor passa a ser R\$ 15.680.000,00.

3.4.2 Custos

A estimativa dos custos fixos da usina instalada em Euclides da Cunha, apresenta os critérios descritos na tabela 8:

Tabela 8 – Lista dos custos fixos.

Nº	Itens	Crítérios	Valor
1	Depreciação	DEPENDE DO VALOR DO INVESTIMENTO	R\$ 21.252.038
4	Despesas gerais e administração da planta	80% DA MANUTENÇÃO	R\$ 1.276.800
TOTAL			R\$ 22.528.838

FONTE AUTORAL, 2020.

Custo de manutenção e reparo anual da turbina de modelo V164-8.0 é dado por MW produzido, é de aproximadamente, R\$²⁰¹⁹ 266.000, tendo uma média de custo esperado para o seguro é em torno de R\$²⁰¹⁹ 92.820 por MW por ano.

Tabela 9 – Custo de Manutenção e Reparo Anual para todas as Turbinas.

Turbina V164-8.0	Custo Total
Custo anual de manutenção	R\$ 1.596.000
Custo anual de seguro	R\$ 556.920
Somatório	R\$ 2.152.920

FONTE AUTORAL, 2020.

Tabela 10 – Custos com Colaboradores da Usina.

Atividade	Qtde	Salario (R\$/mês)	Total(R\$/mês)
Chefe de turno	5	R\$ 6.664	R\$ 33.320
Operador de painel	5	R\$ 4.380	R\$ 21.900
Técnico de operação	10	R\$ 4.409	R\$ 44.090
Sócio-diretor-engenheiro	2	R\$ 7.737	R\$ 15.474
Ferista	5	R\$ 4.100	R\$ 20.500
TOTAL		R\$ 27.290	R\$ 135.284
Total(R\$/ano)			R\$ 1.623.408

FONTE AUTORAL, 2020.

3.4.3 Investimentos

Tabela 11 – Investimentos Totais da Usina Eólica.

Itens	Valor
Turbinas V164-8.0MW	R\$ 380.550.743
Concretagem	R\$ 398.120
Instalação	R\$ 1.846.844
Cabeamento de Rede Elétrica	R\$ 15.680.000
Somatório	R\$ 398.475.707

FONTE AUTORAL, 2020.

3.4.4 Fluxo de Caixa

O fluxo de caixa foi realizado com uma análise de investimentos de 20 anos, onde o primeiro retorno só começa a acontecer no terceiro ano de investimento no valor de R\$54.310.341. Foi através do fluxo de caixa que foi possível calcular os indicadores econômico.

3.4.5 Indicadores econômicos

Tabela 12 – Investimento, VPL, TMA e TIR.

INVESTIMENTO	R\$ 398.475.707
VALOR PRESENTE LÍQUIDO (VPL)	R\$ 1009641465,65
TAXA DE RETORNO (TIR)	47%
VPL/INV	2,53
TAXA MÍNIMA DE ATRATIVIDADE (TMA)	12%

FONTE AUTORAL, 2020.

4. CONCLUSÃO

Em virtude dos aspectos apresentados, o trabalho permitiu a compreensão da grande importância para elaboração de um projeto para implantação de um empreendimento, onde faz-se necessário adotar ferramentas capazes de nortear o projetista na tomada de decisão.

Por meio do estudo de localização, determinou-se que o local mais adequado para a instalação da usina eólica é em Euclides da Cunha, levando em consideração a velocidade recomendável e a proteção do meio ambiente. Através do estudo de mercado foi possível a visualização do projeto por meio das projeções e pesquisas de mercado. Pode-se estabelecer por meio do estudo da viabilidade técnica e econômica as condições operacionais do empreendimento como: estimativa da capacidade produtiva, quadro organizacional de colaboradores, despesas, custos e investimentos que propiciam analisar a eficácia da implantação da usina.

O EVTE atingiu os objetivos propostos, expondo de forma clara e objetiva os quadros financeiros e a avaliação do projeto. O VPL que é calculado para verificar a viabilidade do investimento apresentou um valor otimista de R\$ 1009641465,65 e ao analisar a Taxa de Retorno que é utilizada para mensurar o rendimento, percebe-se que o projeto possui um grande potencial de lucro de 47%, com uma TMA de 12% e um VPL/INV de 2,53 representando assim uma rentabilidade aceitável, tendo em vista que o mínimo estabelecido para este critério foi 2,0. Em virtude dos aspectos analisados, é possível afirmar, que o projeto é viável tecnicamente e economicamente, pois atendeu as premissas básicas, favorecendo na tomada de decisão do investidor para este negócio.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

HÉMERY, D.; DEBEIR, J.- C.; DÉLEAGE, J.- P. Uma história da energia. Brasília: Ed. Universidade de Brasília, 1991.

ANTHONY, D. et al. *The Origin of Horseback Riding*. Ed. Scientific American, 1991.

JACOMY, B. *Une histoire des techniques*. Paris: Seuil, 1990.

ROSA, Luiz P., Visão integrada das fontes de energia, in: Economia e Tecnologia da Energia, Rio de Janeiro: Ed. Marco Zero/FINEP, 1985.

GRIMONI, José Aquiles Baesso; GALVÃO, Luiz Cláudio Ribeiro; UDAETA, Miguel Edgar Morales. Iniciação a conceitos de sistemas energéticos para o desenvolvimento limpo. São Paulo: Edusp, 2004,

SEN, Amartya. O desenvolvimento como liberdade. São Paulo: Companhia das letras, 2000.

BERMANN, Célio. Energia no Brasil: para quê? Para quem? 2º ed. São Paulo: Livraria da Física, 2003.

CASTELAR, Armando; FUKASAKY, Kiichiro (Org.). Coletânea: A privatização no Brasil: o caso dos serviços de utilidade pública. São Paulo: OCDE/BNDES, 2000.

CARVALHO, Eduardo, “Alemanha quer ter energia limpa equivalente a 14 vezes Belo Monte”. G1 Natureza, 2011.

BARBOSA FILHO, Wilson Pereira e AZEVEDO, Abílio César Soares de. “Geração Distribuída: Vantagens e Desvantagens”. II Simpósio de Estudos e Pesquisas em Ciências Ambientais na Amazônia, 2013.

BARBOSA, Vanessa. “Energia eólica sopra forte no Brasil; veja estados campeões”. Exame.com, 2014.

Global Wind Energy Council, Global Wind 2006 Report. Disponível em: <<http://www.gwec.net/index.php?id=8>>. Acesso em; 27 de maio de 2020.

BARBA, Mariana Della. Série de entraves limita uso da energia eólica no Brasil. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/noticias/2013/06/130604_energia_eolica_mdb.sht>. Acesso em: 20 de maio de 2020.

BESSANT, John; TIDD, Joe. Inovação e Empreendedorismo. S/L: Bookman, 2009

VARELLA, F. K. O. M.; CAVALIERO, Carla Kazue Nakao; SILVA, E. P. Energia solar fotovoltaica no Brasil: Incentivos regulatórios. Revista Brasileira de Energia, 2008.