

LIGA DE ENSINO DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO UNIVERSITÁRIO DO RIO GRANDE DO NORTE
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

DANIEL TORRES DA SILVA ALVES

**APLICAÇÃO DA GESTÃO DA QUALIDADE NA CONSTRUÇÃO DAS TORRES DE
AEROGERADORES**

NATAL/RN
2018

DANIEL TORRES DA SILVA ALVES

**APLICAÇÃO DA GESTÃO DA QUALIDADE NA CONSTRUÇÃO DAS TORRES DE
AEROGERADORES**

Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Civil apresentado ao Centro Universitário do Rio Grande do Norte (UNI-RN) como requisito final para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Msc. Steferson Almeida Aderaldo

NATAL/RN

2018

DANIEL TORRES DA SILVA ALVES

**APLICAÇÃO DA GESTÃO DA QUALIDADE NA CONSTRUÇÃO DAS TORRES DE
AEROGERADORES**

Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Civil apresentado ao Centro Universitário do Rio Grande do Norte (UNI-RN) como requisito final para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em: ____/____/____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Msc. Steferson Almeida Aderaldo
Professor Orientador

Prof. PhD. Werner Farkatt Tabosa
Prof. Coordenador das Disciplinas de TCC 1 e TCC 2

Prof. Msc. Lucas da Silva Moraes
Examinador Externo

Catálogo na Publicação – Biblioteca do UNI-RN
Setor de Processos Técnicos

Alves, Daniel Torres da Silva.

Aplicação da gestão da qualidade na construção das torres de aerogeradores / Daniel Torres da Silva Alves. – Natal, 2018.
90 f.

Orientador: Prof. M.Sc. Steferson Almeida Aderaldo.

Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Centro Universitário do Rio Grande do Norte.

1. Aerogeradores – Monografia. 2. NBR – Monografia. 3. Pré-moldados – Monografia. 4. Ferramentas – Monografia. 5. Técnicas – Monografia. 6. Gestão da Qualidade – Monografia. 7. Empreendimento – Monografia. 8. Fabricação – Monografia. 9. Gerenciamento – Monografia. I. Aderaldo, Steferson Almeida. II. Título.

RN/UNI-RN/BC

CDU 624

Dedico este trabalho aos meus pais, à minha irmã e familiares que me ajudaram nessa caminhada e aos amigos que fiz ao longo desses anos acadêmicos que me ajudaram nos momentos difíceis.

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus por ter me proporcionado mais essa conquista e por ter me dado forças para conquistar meus objetivos.

Aos meus pais Rivaldo Alves Pereira e Eleneide Torres da Silva Alves, por acreditarem e incentivarem minhas escolhas, investindo no meu conhecimento e por terem acreditado no meu potencial de chegar até onde eu cheguei.

Ao professor e orientador Msc. Steferson Almeida Aderaldo, pela dedicação em suas orientações prestadas durante o período de produção, colaborando no desenvolvimento deste trabalho

Ao professor PhD. Werner Farkatt Tabosa por seu auxílio ao longo da produção deste trabalho orientando de forma clara e objetiva através da sua paciência e dedicação para com os alunos da instituição.

Aos amigos que fiz durante os anos de curso que me acompanharam na jornada até aqui, me ajudando quando precisei e por todas as pessoas que colaboraram com o meu sucesso.

“O primeiro dever da inteligência é
desconfiar dela mesma.”

(Albert Einstein)

RESUMO

O desenvolvimento de novas fontes de energia elétrica vem sendo palco de diversos questionamentos na vida moderna, através da preocupação da limitação existente das fontes não renováveis de gerar energia, têm-se buscado e incentivado o uso de novas fontes renováveis para produzir energia elétrica sem ou com pouca emissão de partículas poluentes na atmosfera. O papel das renováveis nesse cenário atual possibilita um avanço para a geração de energia em âmbito mundial. São diversas formas de se produzir eletricidade através de fontes chamadas de renováveis como, através do sol (solar), dos ventos (eólica), das águas (hidrelétricas), entre outras. A energia eólica por sua vez se tornou palco de estudo para o desenvolvimento deste trabalho devido ao seu grande crescimento no cenário energético nos últimos anos e por se tratar de um projeto de alta complexidade que envolve uma alta quantia em investimentos no setor eólico (US\$ 4,5 bilhões em 2016). Com o intuito de analisar o gerenciamento da qualidade na construção dos aerogeradores através de técnicas e ferramentas fornecidas por normas da NBR e de guias para gestores de projetos, esta pesquisa expõe o processo de fabricação da torre de concreto pré-moldado de aerogeradores para parques eólicos utilizando as ferramentas e técnicas para a gestão, podendo demonstrar ao público a importância do uso da gestão na fabricação de componentes que detém de 20% a 25% do custo total de um aerogerador. Através de visitas às instalações de uma fábrica de pré-moldados no estado do Rio Grande do Norte, foi elaborado um estudo de caso que foi possível descrever o processo de fabricação das torres dos aerogeradores, apontando o método de gerenciamento utilizados de acordo com o que foi fornecido e observado durante as visitas na empresa e verificando a utilização das ferramentas para a gestão do projeto por parte dos funcionários, além das técnicas utilizadas para o controle da qualidade adotados pela empresa. Por fim, foi possível chegar às conclusões e considerações finais sobre o estudo deste trabalho, constatando a existência satisfatória da gestão da qualidade por parte da empresa no processo construtivo e de montagem das torres, utilizando algumas das técnicas e ferramentas disponíveis aos gestores de projetos que foram estudadas ao longo deste trabalho.

Palavras-chave: Aerogeradores; NBR; Pré-moldados; Ferramentas; Técnicas; Gestão da Qualidade; Empreendimento; Fabricação; Gerenciamento.

ABSTRACT

The development of new sources of electric energy has been the scene of several questions in modern life, through the concern of the existing limitation of non-renewable sources of energy, we have sought and encouraged the use of new renewable sources to produce energy without or with little emission of polluting particles into the atmosphere, so the role of renewables in the current scenario makes possible an advance for the generation of energy worldwide. There are several ways of producing electricity through sources called renewables as, through the sun (solar), wind (wind), water (hydroelectric), among others. Wind energy in turn became the study stage for the development of this work due to its great growth in the energy scenario in recent years and because it is a project of high complexity involving a high amount of investments in the electric sector (US \$ 4.5 billion in 2016). In order to analyze quality management in the construction of wind turbines through techniques and tools provided by NBR norms and guides for project managers, this research exposes the process of manufacturing the precast concrete tower of wind turbines for wind farms using the tools and techniques for management, and can demonstrate to the public the importance of the use of management in the manufacture of components that holds 20% to 25% of the total cost of a wind turbine. Through a visit to the facilities of a precast plant in the state of Rio Grande do Norte, a case study was elaborated that could describe the manufacturing process of the towers of the wind turbines, pointing out the management method used according to what was provided and observed during company visits and verified the use of the tools for the project management by the employees, in addition to the techniques used for quality control adopted by the company. Finally, it was possible to arrive at conclusions and final considerations about the study of this work, noting the satisfactory existence of quality management by the company in the construction and assembly process of the towers, using some of the techniques and tools available to the project managers who were studied throughout this work.

Keywords: Wind turbines; NBR; Pre-molded; Tools; Techniques; Quality management; Business; Manufacture; Business Management.

LISTAS DE FIGURAS

Figura 1: Torres eólicas.....	20
Figura 2 Sistema fotovoltaico.	21
Figura 3: Usina hidrelétrica de Itá - SC	21
Figura 4: Energia Maremotriz.	22
Figura 5: Indústria de biogás.	23
Figura 6: Fonte do Etanol.	23
Figura 7: Cata-vento na antiguidade.	24
Figura 8: Primeira torre eólica instalada no Brasil.	27
Figura 9: Evolução da capacidade instalada.	29
Figura 10: Dados mensais da energia eólica por estados brasileiros.	30
Figura 11: Gráfico da potência (MW) em construção por estado.	30
Figura 12: Ilustração do gerenciamento da integração de projetos.....	33
Figura 13: Níveis típicos de custo e pessoal em toda a estrutura genérica.	43
Figura 14 Esquema do ciclo PDCA.	47
Figura 15: Obras de acesso aos parques eólicos	53
Figura 16: Dutos para obras de drenagem de parque eólico na divisa do Piauí e Pernambuco.	53
Figura 17: Preparo do terreno para a estrutura da torre eólica	54
Figura 18: Execução da armadura da fundação da torre eólica.	55
Figura 19: Transporte de uma das pás de um aerogerador.	55
Figura 20: Torres sendo montadas através de guindastes.	56
Figura 21: Componentes internos da torre.	57
Figura 22: Complexo de aerogeneradores com torres treliçadas.....	58
Figura 23: Peças metálicas para a construção das torres.....	58
Figura 24: Estocagem de peças pré-moldadas de concreto armado.	59
Figura 25: Localização da fábrica em relação ao Município de Pedra Grande.	61
Figura 26: Localização do complexo eólico em relação ao mar.	62
Figura 27: Exemplo de fabricação de peças pré-moldadas de concreto armado.....	64
Figura 28: Preparo das armações da base da estrutura.	67
Figura 29: Base pronta para receber a estrutura e o sistema de pré-tensão.	68
Figura 30: Guindaste de grande porte realizando a montagem das peças da torre.	70

LISTAS DE SIGLAS

ABEEOLICA – Associação Brasileira de Energia Eólica

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica

CELPE – Companhia Energética de Pernambuco

CERNE – Centro de Estratégias em Recursos Naturais e Energia

EAP – Estudo Analítico de Projeto

GWEC – *Global Wind Power Council*

GW – Giga Watt

ISO – *International Organization for Standardization*

KW – Quilo Watt

MPA – Mega Pascal

MW – MegaWatt

NBR – Norma Brasileira

PMI – *Project Management Institute*

PMBOK – *Project Management Body of Knowledge*

PROINFA – Programa de Incentivo às Fontes Alternativas

TF – Tonelada Força

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Vantagens e desvantagens promovidas pelo uso da NBR ISO 9001 (2015).	46
Quadro 2: Perguntas e traduções do 5W1H.....	51
Quadro 3: Resumo de Itens internos das torres cônicas.....	59
Quadro 4: Análise final de requisitos do estudo de caso.....	77

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.2 JUSTIFICATIVA.....	15
1.3 OBJETIVO GERAL DO TRABALHO.....	16
1.3.1 Objetivos Específicos	16
1.4 METODOLOGIA	17
1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO	18
2 ENERGIA EÓLICA NO BRASIL E NO MUNDO	19
2.1 FONTES DE ENERGIA RENOVÁVEL.....	19
2.2 BREVE HISTÓRICO DA ENERGIA EÓLICA	24
2.3 ENERGIA EÓLICA NO MUNDO	26
2.4 ENERGIA EÓLICA NO BRASIL.....	27
2.4.1 Crescimento do Setor Eólico	28
2.5 ENERGIA EÓLICA NO RIO GRANDE DO NORTE.....	29
3 GESTÃO DE PROJETOS.....	31
3.1 ÁREAS DE CONHECIMENTO DE PROJETOS.....	32
3.1.1 Gerenciamento da Integração do Projeto	33
3.1.2 Gerenciamento do Escopo do Projeto	33
3.1.3 Gerenciamento do Tempo do Projeto.....	34
3.1.4 Gerenciamento dos Custos do Projeto	35
3.1.5 Gerenciamento da Qualidade do Projeto	36
3.1.6 Gerenciamento dos Recursos Humanos do Projeto.....	38
3.1.8 Gerenciamento dos Riscos do Projeto.....	39
3.1.9 Gerenciamento das Aquisições do Projeto	40
3.1.10 Gerenciamento das Partes Interessadas do Projeto.....	41
3.2 CICLO DE VIDA DE UM PROJETO	42
4 GESTÃO DE QUALIDADE	44
4.1 CICLO PDCA.....	46
4.2 MÉTODO QC STORY.....	48
4.3 FERRAMENTAS DA QUALIDADE	49
4.3.1 Folha de Verificação.....	50
4.3.2 Diagrama de Causas e Efeitos	50
4.3.3 Brainstorming.....	50

4.3.4 Fluxograma	51
4.3.5. 5W1H	51
4.3.6 Matriz GUT	52
5 ETAPAS BÁSICAS PARA CONSTRUÇÃO DE UM PARQUE EÓLICO	52
5.1 COMPONENTES DO AEROGERADOR	57
6 ESTUDO DE CASO	60
6.1 CARACTERIZAÇÃO DO GRUPO SERVENG	60
6.1.1 Fábrica e o Parque	61
6.2 PROCESSO DE FABRICAÇÃO DAS TORRES.....	62
6.2.2 Base e Fundação	65
6.2.3 Montagem	69
6.3 CONTROLE DA QUALIDADE	70
6.3.1 Escopo e Cronograma	71
6.3.2 Reuniões	72
6.3.3 Controle e Inspeção da Qualidade.....	72
6.3.4 Garantia e Resultados Finais	73
6.3.5 Prazos.....	74
6.4 FERRAMENTAS E TÉCNICAS DA QUALIDADE	75
7 CONCLUSÃO	80
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS	81
REFERÊNCIAS.....	83
APÊNDICE.....	91

1 INTRODUÇÃO

Dentre os vários fatores que tem influência em um modelo econômico de um país, o setor energético possui grande destaque, devido ao desenvolvimento das indústrias em seus processos de produção e o avanço da tecnologia aliado a facilidade de utilização de objetos que necessitam da energia para funcionar. O que se tem observado é um aumento no consumo de energia elétrica por parte da população em geral e de indústrias, resultado do grande uso de tecnologia e equipamentos que na sua maioria necessitam de energia elétrica.

O Brasil possui um grande potencial energético hídrico, o qual tem sido largamente explorado, mas é necessário pensar em fontes alternativas de energia que possam suprir sua demanda em tempos prolongados de estiagem. Embora tendo disponíveis a geração de energia através do óleo diesel, carvão e o gás natural, essas fontes não são renováveis e possuem um maior impacto ambiental.

Uma das propostas que vem sendo exploradas é o uso de aerogeradores, que geram energia através dos ventos. Esse tipo de geração, é uma alternativa para casos de estiagem dos recursos hídricos, podendo suprir uma demanda de energia para todos os fins de consumo.

No âmbito nacional o rápido crescimento na construção de parques eólicos, e os diversos investimentos realizados no setor, fizeram com que até o mês de agosto de 2017 atingisse 11,67 GW de capacidade instalada de energia eólica, com no total de 466 parques eólicos em operação no Brasil, chegando a 7,6% da matriz energética brasileira. Em construção e contratados, há 6,31 GW em outros 277 parques que estarão prontos até 2020. (ABEEOLICA, 2017).

A construção de um parque eólico pode chegar na ordem de bilhões de reais e com o crescente número de parques em construção, o gerenciamento de obras e da qualidade de execução é indispensável para as empresas ou construtoras na hora de planejar as etapas para executar a construção de um parque eólico. O planejamento e gerenciamento vai desde a escolha do local a ser implantado, até a execução efetiva da obra, pois, um fator preponderante em relação a construção, é o custo que a obra vai gerar para os investidores e o retorno que ela proporcionará.

Um dos custos mais consideráveis na construção de um parque eólico são as torres, podendo chegar até 25% dos custos totais do aerogerador. As torres são as estruturas responsáveis pela sustentação do aerogerador a uma determinada altura

adequada para o seu funcionamento, as torres variam entre cônica (geralmente de concreto protendido ou aço laminado), treliçada e híbrida (até cerca de 60 metros é de concreto e após isso é feita em aço). (CUSTÓDIO, 2013; ABDI, 2014)

O transporte de materiais, equipamentos e mão de obra, são outros fatores que um gestor de obra deve se preocupar. Lidar com empreendimentos com valores elevados, necessita de um rigoroso acompanhamento e planejamento para que a obra saia conforme o planejado.

Diante de crises na economia, na política e no setor da construção civil, é essencial o gerenciamento de qualidade, permitindo uma avaliação correta das etapas de execução, analisando prazos de entrega, tecnologias e equipamentos empregados na construção, produtividade e a avaliação do impacto no custo orçado, fazendo com que os gastos não saiam de controle, consequentemente inviabilizando a obra. (FERNANDO NEAIME, 2015).

Dessa maneira, a função do responsável por gerenciar as etapas construtivas e da qualidade da obra é: planejar e coordenar todas as diferentes atividades e operações que fazem parte de uma construção, tudo deve seguir uma sequência clara e lógica das etapas construtivas, início, meio e fim, afim de atingir os objetivos definidos no projeto, de acordo com o prazo e custos previstos e principalmente a qualidade. (FERNANDO NEAIME, 2015).

Diante desses fatos, esse trabalho de conclusão de curso pretende esclarecer e descrever a gestão da qualidade na construção das torres dos aerogeradores, a partir de uma ampla pesquisa bibliográfica e um estudo de caso realizado em um complexo eólico no Rio Grande do Norte onde foram coletadas informações sobre a metodologia e as técnicas utilizadas para a gestão na construção das torres comparando as utilizadas com as existentes em manuais e guias para gestores de projetos em geral e sobre a qualidade com o objetivo de saber se o uso da gestão é satisfatório por parte da empresa na construção das torres no Rio Grande do Norte.

1.2 JUSTIFICATIVA

Devido à crescente demanda de energia e o aumento do número de parque eólicos em construção, o uso de ferramentas de gestão a fim de garantir os requisitos e alocação adequada de recursos é de fundamental importância para se garantir a viabilidade do projeto.

O Rio Grande do Norte, possui a maior produção de energia elétrica através da geração eólica, tendo no estado, um total de 125 parques eólicos em funcionamento, gerando cerca de 3.419,8 MW de potência instalada, e mais 50 novos em construção, estes com capacidade de 1.234,10 MW. (ABEEOLICA, 2017).

Dentre os vários componentes que constituem um aerogerador, podemos destacar as torres como peça fundamental para a estrutura, por se tratar de um componente fundamental e de valor considerável, gerando em torno de 20 a 25% do custo total do aerogerador, precisa-se de uma atenção maior na sua construção, principalmente em torres de concreto, que possuem um peso da sua estrutura muito elevado, chegando a 850 toneladas. (ABDI, 2014).

Diante dessas características das torres dos aerogeradores e com o crescente número de parques em construção, este trabalho visa identificar e avaliar a gestão de qualidade nas etapas construtivas das torres dos aerogeradores, tendo em vista a necessidade de um acompanhamento mais detalhado da sua construção. Buscando assim evitar problemas em sua estrutura e garantir a segurança em sua construção através de técnicas, de softwares e critérios das normas, como por exemplo a ISO da NBR, entre outras NBR's mais utilizadas na construção civil no Brasil.

1.3 OBJETIVO GERAL DO TRABALHO

Este trabalho visa apresentar as etapas construtivas das torres dos aerogeradores de um parque eólico, descrevendo as características e peculiaridades em um complexo eólico no estado do Rio Grande do Norte.

Visa também, descrever a gestão da qualidade na construção das torres de aerogeradores e as diferentes fases de construção e planejamento construtivo, e as ferramentas e técnicas utilizadas no gerenciamento dos projetos de construção das torres no Rio Grande do Norte.

1.3.1 Objetivos Específicos

- 1) Identificar as etapas construtivas de implantação e construção da torre de um aerogerador.

- 2) Identificar as principais ferramentas e técnicas de gestão da qualidade utilizadas na construção civil e na gestão de projetos e verificar a aplicação nas etapas de construção das torres dos aerogeradores.
- 3) Realizar um estudo de caso em uma fábrica de pré-moldados de concreto armado e em um parque eólico no Rio Grande do Norte e verificar a utilização ou não da aplicação das ferramentas e técnicas estudadas ao longo deste trabalho.

1.4 METODOLOGIA

Como base de estudo, foram realizadas pesquisas em diversos referenciais teóricos nacionais e internacionais sobre o tema deste trabalho, com artigos e publicações recentes, de 2012 a publicação deste trabalho, além de documentos técnicos, trabalhos científicos disponíveis na internet sobre o referido assunto. A análise desses documentos contou com o apoio do orientador e Prof. Msc. Steferson Almeida Aderaldo, que ajudou a consolidar as informações que serviram de base de estudo para esta produção.

Foram utilizados documentos, registros técnicos e boletins anuais que monitoram o crescimento e a produção da energia eólica no Rio Grande do Norte, no Brasil e no mundo, documentos estes disponibilizados pela Associação Brasileira de Energia Eólica (ABEEÓLICA), a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), entre outras entidades nacionais e internacionais de referência no assunto citados ao longo desse trabalho.

Através de todos os conteúdos coletados dessas fontes bibliográficas, foi possível o desenvolvimento deste trabalho que visa demonstrar a importância de uma gestão de qualidade, comparando as ferramentas da gestão aplicadas na construção da torre de um aerogerador com as disponíveis no mercado da construção civil, levando em conta o custo da torre que pode chegar a 25% do valor total de um aerogerador.

Além da pesquisa bibliográfica o trabalho contou com um estudo de caso em um complexo eólico no Estado do Rio Grande do Norte, onde existe uma fábrica de pré-moldados que fabrica peças pré-moldadas para as torres dos aerogeradores onde foi possível ver na prática a gestão de qualidade na execução das etapas construtivas,

identificando as ferramentas e técnicas utilizadas na construção dos mesmos por parte da empresa e de seus gestores no local.

Está presente no final desse trabalho uma ficha de perguntas (Apêndice 01) que foi utilizada na pesquisa para saber as ferramentas de gestão utilizadas na construção das torres pela empresa, além das técnicas de gestão utilizadas pelo gestor da obra, e por fim realizar a comparação do que irá ser coletado com o que foi estudado ao longo desse trabalho de conclusão de curso.

1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho possui 7 capítulos, sendo que no capítulo 1 é tratado sobre a introdução, justificativa, metodologia e objetivos do trabalho, no capítulo 2 é abrangido um breve resumo sobre a energia eólica no Brasil e no mundo, bem como os tipos de energias renováveis e a sua utilização no Brasil e no mundo.

No capítulo 3 tem como objetivo explicar a gestão de projetos no âmbito geral da construção civil, demonstrando as características da gestão e a importância do tema para a construção civil.

No capítulo 4, é abordado sobre a gestão da qualidade em geral descrevendo algumas das suas características, além das ferramentas dispostas aos gestores para a aplicação da qualidade complementando o assunto do capítulo anterior.

No capítulo 5 será apresentado um breve resumo dos processos de construção de um parque eólico.

No capítulo 6, será apresentado o estudo de caso realizado em um complexo eólico no estado do Rio Grande do Norte, onde foram coletadas informações sobre as técnicas e ferramentas utilizadas na construção das torres dos aerogeradores, posteriormente analisando e comparando tais técnicas e ferramentas com as estudadas ao longo desse trabalho.

Nos capítulos 7 e 8, serão descritas as conclusões e considerações finais respectivamente sobre o trabalho, demonstrando resultados encontrados através do estudo de caso e análise para produções futuras sobre o tema.

2 ENERGIA EÓLICA NO BRASIL E NO MUNDO

As fontes de energia são recursos da natureza ou artificiais utilizadas pela população em geral para a produção de algum tipo de energia, seja ela para energia elétrica para ascender uma luz por exemplo até para gerar o deslocamento de um veículo ou então gerar calor. (PENA, 2017).

Trata-se de um assunto estratégico em um contexto geopolítico global, pois, o desenvolvimento dos países depende da infraestrutura energética capaz de suprir as demandas da sua população e das suas atividades econômicas. Constituem também de um questionamento ambiental, pois dependendo da sua forma de gerar energia, seus recursos podem causar graves impactos na natureza. (PENA, 2017).

Os meios de comunicação, as residências, indústrias em geral, comércio, agricultura entre outros setores da sociedade dependem totalmente da disponibilidade de energia, tanto a eletricidade quanto de combustíveis. Diante do crescimento econômico de diversos países, a procura por recursos para a geração de energia só tem aumentado a cada dia. (PENA, 2017).

As fontes de energia podem ser classificadas conforme a capacidade natural de reposição dos seus recursos, e de como essa energia é gerada. Portanto, existem dois tipos de fonte de energia, as fontes renováveis que são aquelas que possuem capacidade de serem repostas naturalmente, mas não necessariamente que são inesgotáveis onde algumas delas como o vento e a luz solar são permanentes, entretanto a água por exemplo, é uma fonte esgotável e as fontes não renováveis que podem esgotar-se no futuro relativamente próximo e principalmente que agredem o meio ambiente como por exemplo o petróleo que já vem sendo explorado largamente, entre vários outros. (PENA, 2017).

2.1 FONTES DE ENERGIA RENOVÁVEL

Atualmente a principal fonte de energia utilizada pelos países são provenientes da geração de energia fóssil ou de outras alternativas que de certa forma agredem o meio ambiente.

Além disso, desastres ambientais e o crescente consumo de combustíveis fósseis elevaram a preocupação com o clima do planeta e as mudanças que vem ocorrendo com o mesmo.

Atrelado a essa preocupação ambiental, a escassez de recursos e com o avanço da tecnologia, houve incentivo para a ampliação e desenvolvimento de fontes de energia renováveis, como exemplo da energia eólica.

As fontes de energia renováveis são diversas e de grande contribuição para a população, dentre as principais podemos citar:

➤ Eólica (vento):

A energia eólica é a transformação da energia do vento que é captado pelas pás. A medida que as pás rotacionam em função dos ventos gera-se energia elétrica através dos geradores elétricos instalados nos aerogeradores (figura 1). É uma forma de obter energia de forma renovável e limpa, uma vez que, não necessitam do uso de combustíveis fósseis.

Figura 1: Torres eólicas.



Fonte: Ambiente energia (2012).

➤ Fotovoltaica (sol):

A energia solar fotovoltaica é a energia obtida através da conversão direta da luz do sol que incidem na placa que realiza a captação dos raios gerando a eletricidade, isso ocorre através de um efeito chamado fotovoltaico que é o aparecimento de uma diferença de potencial nas extremidades de material semicondutor, produzida pela absorção da luz (figura 2). O Dispositivo básico para se produzir o efeito fotovoltaico é chamado célula fotovoltaica. (BRASIL, 2017).

Figura 2 Sistema fotovoltaico.



Fonte: Frizon energia solar (2015).

➤ Hidráulica (água):

A energia hidráulica conhecida como hidroelétrica, é o aproveitamento da energia cinética das águas que são represadas em locais estratégicos com grandes volumes de água corrente (figura 3). A energia cinética gerada pela água é transformada em energia mecânica através da rotação das turbinas que compõem o sistema da usina hidrelétrica para, em seguida, ser transformada em energia elétrica pelo gerador do sistema. (ECYCLE, 2016).

Figura 3: Usina hidrelétrica de Itá - SC



Fonte: Janela do horizonte (2013).

➤ Maremotriz (mares e oceanos):

A energia maremotriz é também chamada de energia das marés, é aquela gerada através das diferenças de altura da maré, de acordo com o movimento lunar, ou seja, a energia é gerada a partir do movimento das “ondas” que movimentam os mecanismos de captação (figura 4), existem também outros equipamentos utilizados para a geração por esse meio. Sua existência como energia renovável e limpa é uma discussão que está constantemente em pauta entre países e ambientalistas. (FRANCISCO, 2017).

Figura 4: Energia Maremotriz.



Fonte: Arquitectura y energia (2014).

➤ Matéria orgânica (biomassa, biocombustíveis e biogás):

A energia elétrica produzida a partir da matéria orgânica pode ser dividida de várias maneiras, sendo elas:

Biomassa: é o recurso renovável proveniente de matéria orgânica, vegetal ou animal que pode ser utilizada na produção de energia. (CUNHA; FONSECA; TEIXEIRA, 2017).

Biogás: É um gás combustível que resulta da decomposição dos detritos animais e vegetais pela ação de bactérias em meio anaeróbio e que pode ser utilizada para aquecimento de instalações agrícolas e estufas, funcionamento de motores de alfaias agrícolas entre outros. (CUNHA; FONSECA; TEIXEIRA, 2017).

Biocombustíveis: são os derivados da biomassa renovável que podem substituir, parcial ou totalmente, combustíveis derivados de petróleo e gás natural em motores a combustão ou em outro tipo de geração de energia, os mais utilizados no Brasil atualmente, são o Etanol obtido através da cana-de-açúcar e o Biogás, citado anteriormente. (BRASIL, 2017).

As figuras 5 e 6 a seguir mostram exemplos da produção do biogás e do etanol respectivamente.

Figura 5: Indústria de biogás.



Fonte: ITN Group (2014).

Figura 6: Fonte do Etanol.



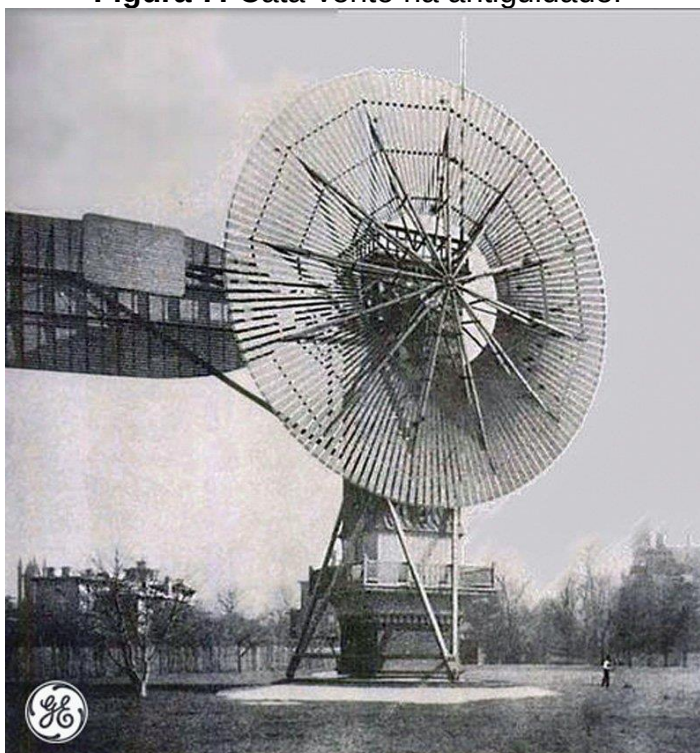
Fonte: Olhar digital (2014).

Dentre todas as fontes de energias renováveis disponíveis, uma das que tomou popularidade e se fortificou ao longo dos anos, foi a energia proveniente dos ventos (eólica), que em diversos países já vem sendo utilizada mesmo antes da 1ª guerra mundial com a utilização de cata-ventos, que se deu-se há 900 anos, no retorno das cruzadas. (CRESESB, 2008).

2.2 BREVE HISTÓRICO DA ENERGIA EÓLICA

Nos primórdios da civilização, já havia indícios da utilização de mecanismos parecidos com pás eólicas no tempo da civilização antiga. A data de origem do primeiro moinho de vento ainda não é certa, muitos historiadores acreditam que as primeiras nações a terem conhecimento sobre a geração de uma forma de energia por meio do vento foi no oriente, situando-se aproximadamente na Índia, Tibete, Afeganistão e Pérsia (atual Irã). No que se diz a respeito sobre a criação ou quem criou o mecanismo de captação de energia pelo vento, pouco se tem importância devido à falta de acervo histórico referente ao mesmo, tanto que, é difícil encontrar bibliografias referentes a estudos mais aprofundados sobre a história dos aerogeradores. (PINTO, 2013).

Figura 7: Cata-vento na antiguidade.



Fonte: Business Insider (2016).

O que se sabe ao certo, é que a utilização de tais mecanismos que hoje, são usados para a geração de energia em grande escala, antes era uma forma inovadora de fornecimento de energia para uma simples e única residência por moinho que na época de sua criação, era um artefato praticamente desconhecido pela maioria da população.

Acredita-se que foram os egípcios os primeiros a fazer uso prático do vento, em torno do ano de 2800 a.C. que usavam como auxílio o vento para ajudar a força dos remos das embarcações, mas foi só com os persas que usavam a força do vento em torno do ano de 700 d.C., construíram moinhos de vento verticais elevados para serem usados como força para moagem de grãos. (MARQUES; SANTO, 2017).

Outras civilizações do oriente médio, especificamente os mulçumanos, continuaram o que os persas deixaram e construíram seus próprios moinhos de vento. Após o retorno das cruzadas, pensava-se que os mulçumanos tinham levado as ideias sobre os moinhos para a Europa, mas provavelmente foram os holandeses que desenvolveram o moinho de vento horizontal, onde podemos ver até os dias de hoje em campos espalhados por toda Europa e que são pontos turísticos. (MARQUES; SANTO, 2017).

A força do vento e da água logo tornaram-se fonte primária da energia mecânica medieval inglesa. Durante tal período, os holandeses contaram com a força do vento para o bombeamento de água para uso próprio e para a moagem de grãos. Por volta do ano de 1930 aproximadamente, várias empresas americanas começaram a produzir os denominados “carregadores de vento”, e os vendiam em parte para fazendeiros locais. Geralmente as máquinas poderiam fornecer até 1000 watts (1kW) em corrente contínua. (MARQUES; SANTO, 2017).

Muitos países ao longo da história construíram enormes geradores de vento, durante 1950 e 1960 os franceses construíram desenhos avançados de unidades de 100 kW a 300 kW. Os alemães construíram geradores de vento para obter força extra para a linha de utilidades. Em meados do século XIX, existiam aproximadamente 9000 moinhos de vento em pleno funcionamento na Holanda, cerca de 3000 na Bélgica, 10000 na Inglaterra e cerca de 650 na França. (MARQUES; SANTO, 2017; CRESESB, 2017).

Atualmente podemos observar a expansão desse tipo de energia devido à onda de sustentabilidade estabelecida pelos governos em todo mundo, com a busca de fontes de energia que não agredam o meio ambiente. (MARQUES; SANTO, 2017).

Nos últimos 30 anos, a indústria de turbinas eólicas cresceu significativamente. Países europeus que, de certa forma não possuem área livre construtiva e viável para a implantação de parques, foram obrigados a instalar parques offshore, ou seja, parques localizados nas águas de mares e oceanos, sendo o maior deles localizado a cerca de 20 km da costa de Kent, na Inglaterra.

De acordo com a GWEC (2012, p.3), foi instalado no início de 2012 a primeira torre e a última no final daquele mesmo ano. O parque de nome *London Array*, possui 175 aerogeradores Vestas SWT-3.6 MW-120m, com 3m de diâmetro de rotor e 90 metros de altura, a potência total instalada é de 630 MW.

2.3 ENERGIA EÓLICA NO MUNDO

De acordo com o relatório do Conselho Mundial de Energia Eólica (GWEC, em inglês) no mês de fevereiro desse ano, mostrou que a capacidade instalada global continua acima de 50 GW, tendo em vista uma queda de 63,6 GW em 2015, para 54,6 GW em 2016 e 52,6 GW em 2017. Em 17 anos a capacidade global instalada cresceu 22,6 vezes, que dá uma média de variação anual de 20% ao ano entre 2001 e 2017. (GWEC, 2018).

Países como a Inglaterra, Dinamarca, Reino Unido, China, Estados Unidos, Brasil, entre outros, possuem as maiores capacidades produtoras de energia eólica do mundo, a China por sua vez, é atualmente lidera a expansão do setor eólico, com 168,73 mil megawatts (MW) instalados até o ano de 2016, isso é em torno de 33% da capacidade mundial. Com esse crescente investimento nessa fonte alternativa de energia, diversos países com potenciais de sobra para a aplicação de parques, como exemplo o Brasil, servem modelo de investimento, tanto que, nos últimos anos existe um crescente e significativo aumento na implantação de parques, com principais fornecedores a China e a Holanda. (GWEC, 2016).

A tendência é que o setor só cresça a cada ano, apesar das retrações em seu crescimento nos últimos anos, a previsão é de novos investimentos na área, tendo em vista à preocupação com a geração de energia renovável e com as fontes não renováveis cada vez mais escassas.

2.4 ENERGIA EÓLICA NO BRASIL

O Brasil, ao contrário de outras potências mundiais que implantaram esse sistema energético a muito tempo, e hoje são referência no setor, como exemplo da China, Estados Unidos e alguns países da Europa, começou a implantar o sistema para diversificar a matriz energética do país, apenas no ano de 1992, em que o país teve seu primeiro indício da operação comercial energia eólica, sendo este, resultado de uma parceria Centro Brasileiro de Energia Eólica (CBEE) e a Companhia Energética de Pernambuco (CELPE), através de financiamento do instituto de pesquisas dinamarquês *Folkecenter*, sendo a primeira turbina eólica entrar em operação comercial na América do Sul, gerando cerca de 225 kW, localizada no arquipélago de Fernando de Noronha em Pernambuco (figura 8). (ABEEÓLICA, 2017).

Figura 8: Primeira torre eólica instalada no Brasil.



Fonte: Aneel (2000).

O Brasil possui alguns dos melhores ventos do mundo, segundo o relatório 2015 *Global Wind Market Report*, do GWEC (*Global World Energy Council*), aponta que o país possui um vento três vezes superior à necessidade de eletricidade do país. De acordo com o levantamento da consultoria ePowerBay para a Reuters, os dez parques eólicos mais produtivos do Brasil, todos no Nordeste, tiveram fatores de capacidade médios de entre 60,8% e 64,6% em 2017. (GWEC, 2015).

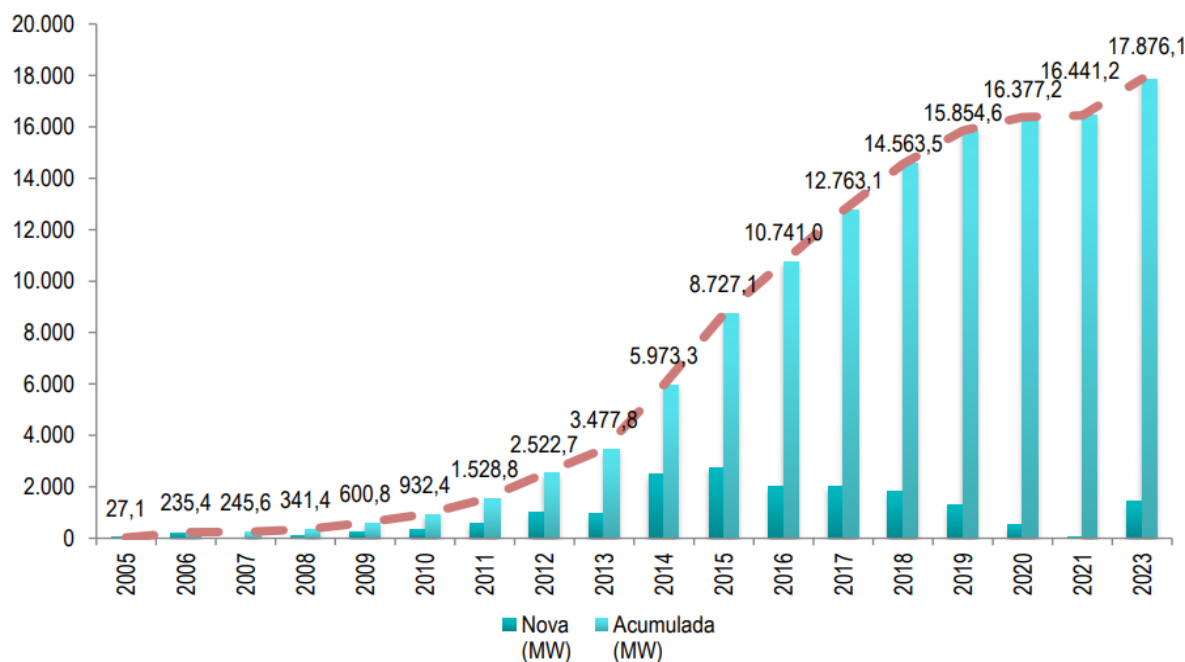
Ao longo dos anos, a partir da instalação da primeira turbina eólica em 1992, vieram a ser implantadas outras turbinas em outras localidades ao decorrer dos anos. Tendo em vista o crescimento do setor ainda que lento, o governo brasileiro então criou em 2004, o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa), que teve como maior intuito de aumentar a participação da energia elétrica produzida por empreendimentos concebidos com base em fontes eólica, biomassa e pequenas centrais hidrelétricas (PCH) no Sistema Elétrico Interligado Nacional (SIN), com isso, diversificar a matriz energética brasileira, buscando alternativas para aumentar a segurança no abastecimento da energia elétrica. Por ser um programa pioneiro, impulsionou as fontes citadas anteriormente, mas em especial a energia eólica. (BRASIL, 2017).

2.4.1 Crescimento do Setor Eólico

Segundo dados da Associação Brasileira de Energia Eólica (ABEEOLICA), no ano de 2016, o Brasil fechou o referido ano com um total de 430 usinas e com cerca de 10,75 gigawatts (GW) de potência em relação ao ano anterior 2015 que havia como capacidade instalada de 8.733,38 megawatts (MW), com um total de US\$ 5,4 bilhões investido no setor no ano de 2016. (ABEEOLICA, 2016).

De acordo com os dados da Abeeolica (2016), que vem registrando desde 2005 a evolução da capacidade da energia eólica no país, o setor vem em um crescimento exponencial, entretanto, apesar da crise no setor desde o ano de 2015 até o presente ano, a geração continua em crescimento, mesmo que de maneira reduzida, com mais enfoque em leilões dos parques.

A figura 9 a seguir, referente à evolução da potência instalada no Brasil, mostra um crescimento virtuoso do setor ao longo dos anos.

Figura 9: Evolução da capacidade instalada.

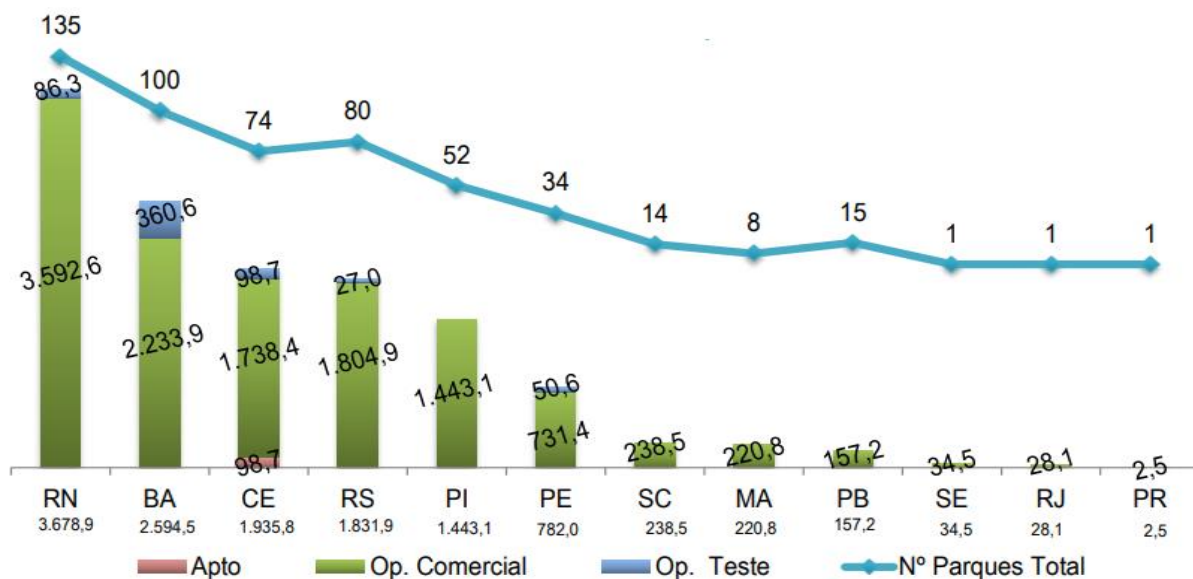
Fonte: Abeeólica (2018).

2.5 ENERGIA EÓLICA NO RIO GRANDE DO NORTE

No Rio Grande do Norte, o estado possui o título de maior produtor de energia eólica do país, tendo atualmente 32% de toda a produção energética do país para a energia eólica. A energia eólica é a fonte de energia renovável que mais cresce no setor desde 2009, neste ano, em que a fonte eólica foi considerada como viável no Brasil, e o país começou a abrir leilões por parte do Governo Federal para suprir demanda energética do país. (NOVO, 2017).

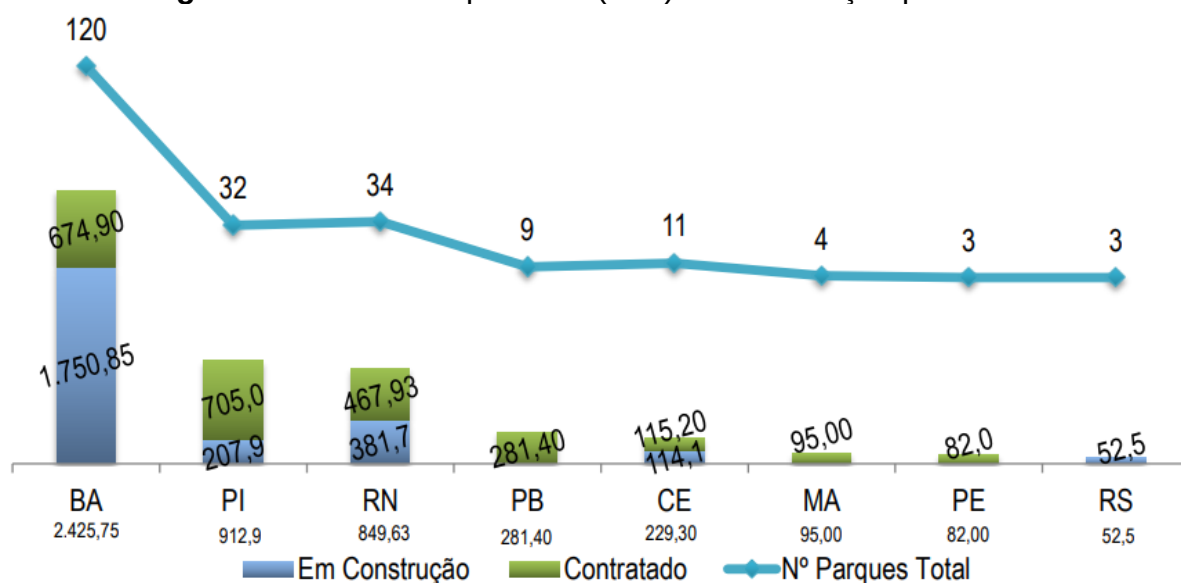
Atualmente, o estado do RN possui cerca de 3.592,6 MW de potência operacional instalada, dados estes datados de outubro deste ano, e com um total de 135 parques em operação, o estado detém a maior produção em todo país seguido do estado da Bahia, como mostrado na Figura 10 a baixo disponibilizado pela ABEEÓLICA. (ABEEÓLICA, 2018).

De acordo com projeções do Centro de estratégias em Recursos Naturais e Energia, a expectativa é que o RN atinja cerca de 5 Gigawatts (GW) de capacidade instalada de energia eólica nos próximos quatro anos.

Figura 10: Dados mensais da energia eólica por estados brasileiros.

Fonte: Abeeólica (2018).

Em número de parques em construção, o Rio Grande do Norte só perde para o estado da Bahia que por sua vez está em crescente desenvolvimento no setor juntamente com o estado do Piauí, este que por sua vez encontra-se com um maior número de potência contratada em relação ao Rio Grande do Norte, conforme os dados apresentados pela Associação Brasileira de Energia Eólica (ABEEOLICA) pelo mês de fevereiro do presente ano apresentado na Figura 11 a seguir.

Figura 11: Gráfico da potência (MW) em construção por estado.

Fonte: Abeeólica (2018).

Dados publicados mensalmente, todos os anos, só comprovam que o estado do Rio Grande do Norte possui um grande potencial eólico disponível, e as empresas cada vez mais tem investido no setor. Entretanto dentre diversas crises que o país vem passando na economia, a produção de novos parques vem diminuindo devido a retração da economia, e a consequente queda da demanda de energia. Isso implicou numa maior participação dos leilões fornecidos pelo poder público através de um processo licitatório, com uma concorrência promovida pelo próprio governo, com a participação das empresas interessadas nos leilões.

Segundo o diretor-presidente do Cerne, Jean-Paul Prates, acredita que o sucesso do estado com a energia eólica não se deve apenas a condições ambientais favoráveis dos ventos. Segundo ele, “Criou-se condições para os leilões. Houve um trabalho do governo do Estado com uma atenção especial aos projetos de eólicas, como licenciamento ambiental de projetos complexos, preocupação com infraestrutura, planejamento de linhas de transmissão, entre outros”. (SEERN, 2016).

Os leilões de energia elétrica, ao definirem os preços dos contratos, definem, também, a participação das fontes de energia utilizadas na geração, o que impacta na qualidade da matriz elétrica de nosso país em termos, bem como no valor das tarifas pagas pelos consumidores. (ABRADEE, 2017).

3 GESTÃO DE PROJETOS

Atualmente, algumas empresas atendendo aos aspectos de mercado a cada dia mais exigente sobre a qualidade dos produtos e serviços, preocupam-se não apenas com o monitoramento das atividades de seus produtos, mas também existe uma preocupação com todos os meios envolvidos durante a sua realização.

Em uma sociedade tão competitiva e exigente com os resultados, muitas empresas utilizam uma estrutura de gestão de projetos, que por sua vez, apresenta forte correlação com os investimentos que se fazem necessários para manter uma organização empreendedora competitiva, afinal, sem a concorrência, a busca pela qualidade ofertada seria mínima. (REIS, 2011).

Cada projeto cria um produto, serviço ou resultado único, sendo assim, cada idealização de projeto, é único e exclusivo de cada um, podendo seu resultado final ser atingível ou inatingível, dependendo das características de seu empreendimento.

De acordo com o *Project Management Institute* (PMI) (2013), o gerenciamento de projetos é a aplicação mais exata do conhecimento, habilidades, ferramentas técnicas às atividades do projeto, visando atender os requisitos exigidos. No geral, o gerenciamento de projetos é realizado através da aplicação e interação na medida certa dos 47 processos de gerenciamento, logicamente agrupados necessariamente em 5 grupos de processos, sendo esses:

- Iniciação
- Planejamento
- Execução
- Monitoramento e controle
- Encerramento

Esses cinco (05) grupos citados acima, são os mais importantes para o papel de um gestor em uma empresa. O acompanhamento de cada um deles, faz com que as metas tendam a ser cumpridas como esperado, em algumas empresas, o uso da ferramenta de gestão de projetos por muitas vezes é inexistente, tornando assim, projetos suscetíveis a falhas ou erros, e no que se refere aos erros, pode vir a ocorrer tanto na criação de uma caneta ou até erros na criação de um grande empreendimento comercial. (PMBOK, 2013).

3.1 ÁREAS DE CONHECIMENTO DE PROJETOS

Segundo o Guia PMBOK® (2015), existem áreas de conhecimento relevantes para um projeto que são definidos pelos requisitos de conhecimentos e descrita em termos de processos que as compõe, nas suas práticas, entradas, saídas, ferramentas e técnicas.

Existem 10 áreas de conhecimento de um projeto, sendo elas: gerenciamento da integração do projeto, escopo, tempo, custos, qualidade, recursos humanos, recursos de comunicações, riscos, aquisições e partes interessadas. Essas dez áreas de conhecimento são usadas na maior parte dos projetos, sendo que, as equipes dos projetos utilizam essas e outras áreas de conhecimento, de forma apropriada, para projetos específicos. (PMBOK, 2015).

3.1.1 Gerenciamento da Integração do Projeto

Segundo o Guia PMBOK® (2015), o gerenciamento da integração do projeto inclui os processos e as atividades necessárias para identificar, combinar, unificar e coordenar os diversos processos e atividades dos grupos de processos de gerenciamento existentes.

De qualquer forma, o gerente do projeto age como integrador dos processos e das etapas, é na integração do projeto que é definido onde e quando concentrar determinados recursos e esforços, tratando problemas antes de se tornarem críticos, coordenando de melhor forma os processos de trabalhos visando sempre o sucesso do projeto. (PMBOK, 2015).

Figura 12: Ilustração do gerenciamento da integração de projetos



Fonte: Adaptado do PMBOK (2015).

3.1.2 Gerenciamento do Escopo do Projeto

Segundo o Guia PMBOK® (2015, p. 105) onde afirma que:

O gerenciamento do escopo do projeto inclui os processos necessários para assegurar que o projeto inclui todo o trabalho necessário, e apenas o

necessário, para terminar o projeto com sucesso. O gerenciamento do escopo do projeto está relacionado principalmente com a definição e controle do que está e do que não está incluso no projeto.

As etapas para o gerenciamento do escopo são especificadas com 6 etapas fundamentais para a sua construção, sendo elas:

- **Planejar o gerenciamento do escopo** – A necessidade de criar um plano de gerenciamento do escopo do projeto documentado para definir o que será validado e controlado.
- **Coletar os requisitos** – Consiste em determinar, documentar e gerenciar a real necessidade dos requisitos das partes interessadas no projeto para atender os objetivos do projeto.
- **Definir o escopo** – Desenvolver a descrição detalhada do projeto e do produto em questão.
- **Criação da estrutura analítica do projeto (EAP)** – Processo de subdivisão das entregas e do trabalho em componentes menores e mais fáceis de gerenciar.
- **Validação do escopo** – Formalização da aceitação das entregas concluídas do projeto.
- **Controle do escopo** – Monitoramento do andamento do escopo do projeto e do produto gerenciado, aplicando e gerenciando as mudanças feitas na linha de base do escopo.

Os processos utilizados para o gerenciamento do escopo do projeto, assim como as ferramentas e técnicas para suporte podem variar de acordo com cada tipo de projeto. Valendo ressaltar que a linha de base do escopo é a versão aprovada da especificação do escopo, da estrutura analítica do projeto (EAP) e do respectivo dicionário da EAP.

3.1.3 Gerenciamento do Tempo do Projeto

A definição mais resumida para o gerenciamento do tempo do projeto é que o gerenciamento do tempo inclui os processos necessários para assegurar a conclusão

do projeto no prazo previsto, onde podemos dividir os processos em etapas de acordo com o Guia PMBOK® (2015):

- **Planejar o gerenciamento do cronograma** – Estabelecer políticas, procedimentos para planejar, desenvolver, gerenciar e controlar o cronograma.
- **Definição das atividades** - Identificar as atividades necessárias para produzir as entregas dentro do prazo dos projetos.
- **Sequência de atividades** - Identificar e documentar as relações de dependência entre as atividades.
- **Estimar recursos das atividades** – Estimação da quantidade de recursos necessários para a execução de cada atividade.
- **Estimativa de duração das atividades** – Estimar quantos períodos de trabalho são necessários para completar cada atividade em execução.

Todas essas etapas citadas acima são definições estabelecidas em projetos para um melhor controle do tempo de execução de um projeto, pois, o tempo que o projeto leva para ser desenvolvido até a entrega pode variar de acordo com a forma de gerenciamento do tempo aplicada para cada etapa, melhorando assim o andamento do projeto.

3.1.4 Gerenciamento dos Custos do Projeto

De acordo com definições do Guia PMBOK® (2015) que descreve o gerenciamento dos custos do projeto como, é onde inclui-se os processos envolvidos em planejamento, estimativas, orçamentos, financiamentos, gerenciamento de controle de custos de modo que o projeto possa ser terminado dentro dos custos estabelecidos no orçamento de acordo com a concepção do projeto.

Podemos dividir o gerenciamento dos custos em 4 etapas principais, sendo elas descritas no Guia PMBOK® (2015):

- **Planejar o gerenciamento dos custos** – Processo onde se estabelece as políticas, procedimentos e a documentação para o planejamento, gestão, despesas e controle dos custos.
- **Estimar os custos** – Processo de desenvolvimento de uma estimativa de custos dos recursos monetários necessários para cumprir as etapas do projeto.

- **Determinação do orçamento** – É o processo de determinação dos custos estimados de atividades individuais ou de grupos de trabalho para estabelecer uma linha de base de custos autorizada.
- **Controle de custos** – Processo de monitoramento do andamento do projeto para atualização do orçamento e gerenciamento das mudanças realizadas na linha de base de custo.

O gerenciamento dos custos do projeto deve considerar os requisitos das partes interessadas do projeto, as diferentes partes interessadas medirão os custos aplicados no projeto de maneiras diferentes em tempos diferentes, acompanhando todo o processo.

Existe uma grande preocupação com relação aos custos dos recursos necessários para a realização do projeto, devido à grande quantia de dinheiro muitas vezes envolvida em alguns projetos específicos, deve ser levado em consideração o efeito das decisões de projeto no custo recorrente do uso, manutenção e suporte do produto ou serviço que podem levar a alteração do custo do projeto. (PMBOK, 2015).

As fases iniciais do planejamento do projeto é onde ocorre um maior esforço do gerenciamento dos custos, para fornecer uma melhor estrutura e destinação de recursos necessários para a realização das etapas de acordo com o custo estimado. (PMBOK, 2015).

3.1.5 Gerenciamento da Qualidade do Projeto

O gerenciamento da qualidade do projeto envolve os processos da organização que executa o projeto e que determinam as políticas de qualidade, de projetos e as responsabilidades de modo que o projeto satisfaça as necessidades para as quais foi planejado. (PMBOK, 2015).

Esta área, é a que possui mais etapas de controle dentre todas as outras, devido aos requisitos exigidos por norma e pelas organizações, o gerenciamento da qualidade do projeto possui etapas imprescindíveis para que o projeto saia conforme o esperado e que cumpra com as exigências dos interessados. (PMBOK, 2015)

Existem 3 etapas fundamentais para o gerenciamento da qualidade de um projeto, que são descritas de acordo com o PMBOK® (2015) como sendo:

- **Planejamento do gerenciamento de qualidade** – É o processo de identificação dos requisitos da qualidade do projeto e suas entregas, além da documentação de como o projeto demonstrará a conformidade de acordo com os padrões de qualidade.
- **Realizar a garantia da qualidade** – O processo de auditoria dos requisitos de qualidade e dos resultados das medições de controle de qualidade durante as etapas, afim de garantir o uso dos padrões de qualidade definidos.
- **Realizar o controle da qualidade** – O processo de monitoramento e registro dos resultados da execução das atividades de qualidade para avaliar o desempenho e para recomendar as mudanças necessárias de acordo com a qualidade exigida em cada etapa do projeto.

A equipe envolvida no processo do controle da qualidade deve determinar níveis adequados e de exatidão para o uso preciso dos recursos nas etapas, cumprindo especificações do plano de gerenciamento da qualidade.

A abordagem básica do gerenciamento da qualidade deve ser compatível com os padrões de qualidade da Organização Internacional para Padronização (ISO). Todos os projetos devem possuir um plano de gerenciamento de qualidade, as equipes envolvidas no projeto devem seguir tal plano de gerenciamento da qualidade afim de dispor os dados que comprovem a conformidade com o mesmo. (PMBOK, 2015).

No contexto da compatibilidade com a ISO, as abordagens modernas do gerenciamento da qualidade buscam minimizar a variação e entregar resultados mais precisos e fixos. Tais abordagens de acordo com o PMBOK® (2015) seguem a importância da:

- **Satisfação do Cliente** – Entender, avaliar, definir e gerenciar as expectativas para que os requisitos dos clientes sejam atendidos.
- **Prevenção ao invés de inspeção** – O custo de prevenção dos erros é geralmente muito menor do que o custo de corrigir tais erros quando eles são encontrados pela inspeção ou durante o uso.
- **Melhoria contínua** – O ciclo PDCA se faz de base para a melhoria da qualidade conforme definida por Shewhart e modificada por Deming. Devem

ser feitas melhorias em todas as etapas sempre que possível, buscando um melhor resultado dos projetos.

- **Responsabilidade da gerência** – Para se obter o sucesso, é preciso antes a participação de todos os membros da equipe e da alta direção, dentro do seu escopo de responsabilidade em prol da qualidade.
- **Custo da qualidade (CDQ)** - O custo da qualidade que se refere ao custo total do trabalho realizado conforme o especificado e que deve ser executado como um esforço compensatório, que de acordo com todo o acompanhamento realizado ao longo das etapas, principalmente nas primeiras, aplicando-se o gerenciamento da qualidade dos custos adequadamente conforme especificado, o resultado final é satisfatório tanto para as empresas tanto quanto para o consumidor final.

3.1.6 Gerenciamento dos Recursos Humanos do Projeto

O gerenciamento dos recursos humanos do projeto é a área de administração das equipes do projeto, organizando e gerenciando fatores relacionados a equipe. A equipe consiste das pessoas com papéis e responsabilidades diferentes designadas para completar determinadas tarefas para a realização do projeto. (PMBOK, 2015).

Neste tipo de gerenciamento onde ocorre o desenvolvimento do plano dos recursos humanos, ou seja, toda a documentação necessária de cada membro da equipe, bem como atribuindo suas responsabilidades além de um plano gerencial, bem como mobilização da equipe do projeto para determinadas áreas de atividades do projeto além de desenvolver a equipe, aliando competências e interação da equipe para a melhoria do ambiente de trabalho e também responsável por todo o gerenciamento da equipe, fornecendo o *feedback*, desempenho dos membros e resolução de problemas. (PMBOK, 2015).

3.1.7 Gerenciamento das Comunicações do Projeto

De acordo com o Guia PMBOK® (2015, p. 287), onde explica que o gerenciamento das comunicações do projeto:

Inclui os processos necessários para assegurar que as informações do projeto sejam planejadas, coletadas, criadas, distribuídas, armazenadas, recuperadas, gerenciadas, controladas, monitoradas e finalmente dispostas de maneira oportuna e apropriada [...]. A comunicação eficaz cria uma ponte entre as diversas partes interessadas do projeto, que podem ter diferenças culturais e organizacionais, diferentes níveis de conhecimento, e diversas perspectivas e interesses que podem impactar ou influenciar a execução ou resultado do projeto.

Existem ainda, 3 etapas ligadas ao gerenciamento das comunicações, citadas no Guia PMBOK® (2015), que resumem o gerenciamento de forma que:

- **Necessidade de planejamento do gerenciamento das comunicações** – Envolve o desenvolvimento de uma abordagem apropriada e um plano de comunicações o projeto com base nas necessidades de informações e requisitos das partes interessadas.
- **Gerenciar as comunicações** – Processo de criar, distribuir, armazenar, recuperar e de disposição final das informações do projeto de acordo com o plano de gerenciamento.
- **Controle das comunicações** – Processo de monitorar e controlar as comunicações no decorrer de todo o ciclo de vida do projeto para assegurar que as necessidades de informações das partes interessadas sejam atendidas.

3.1.8 Gerenciamento dos Riscos do Projeto

No gerenciamento dos riscos do projeto são inclusos todos os processos de planejamento, identificação, análise, planejamento de repostas e controle de riscos de um projeto. O principal objetivo desse gerenciamento é aumentar os impactos positivos no projeto e reduzir os eventos negativos que possam interferir no andamento do projeto. (PMBOK, 2015).

Processos são descritos no PMBOK® (2015), e são descritas em:

- **Planejar o gerenciamento dos riscos** – Definição de como conduzir as atividades de gerenciamento dos riscos.
- **Identificar os riscos** – Processo que consiste na determinação dos riscos que podem afetar o projeto.

- **Realizar a análise qualitativa dos riscos** – Processo de priorização de riscos para a análise ou ação posterior através da avaliação e combinação da probabilidade de ocorrência de impacto.
- **Realizar a análise quantitativa dos riscos** – Processo de análise numérica dos efeitos dos riscos identificados nos objetivos gerais.
- **Planejar as respostas aos riscos** – Desenvolvimento de ações de respostas às ações para aumentar as oportunidades de reduzir as ameaças aos objetivos.
- **Controlar os riscos** – Implementação de planos de respostas aos riscos, acompanhamento dos riscos identificados, monitoramento dos residuais, e identificação de possíveis novos riscos junto da avaliação da eficácia do processo de gerenciamento durante todo o projeto.

É preciso levar em consideração que o risco em um projeto é um evento incerto que, se ocorrer provocará um aspecto positivo ou negativo dependendo de qual a relação há com uma ou várias etapas do projeto, tais como no escopo, cronograma, custo e qualidade. O risco pode ter uma ou mais causas e se for constatado a sua ação nas etapas, pode haver um ou mais impacto. (PMBOK, 2015).

3.1.9 Gerenciamento das Aquisições do Projeto

Todo projeto necessita de um gerenciamento adequado dos produtos utilizados em cada etapa e abrange os processos de gerenciamento de contratos e controle de mudanças necessárias para desenvolver e administrar contratos ou pedidos. (PMBOK, 2015)

Gerir esses produtos é a tarefa principal do gerenciamento de aquisições. Comprar ou adquirir produtos exige uma atenção maior devido às especificações de cada item para que seja de acordo com o especificado pelo projetista e pela equipe envolvida no projeto. A organização adequada pode ser tanto do comprador quanto o vendedor dos produtos, serviços ou resultados. (PMBOK, 2015).

Em relação ao gerenciamento das aquisições, o Guia PMBOK® (2015) descreve resumidamente em 4 etapas fundamentais, sendo:

- **Planejamento e gerenciamento das aquisições** – Processo de documentação das decisões de compras especificadas no projeto.

- **Condução das aquisições** – Processo de obtenção de respostas dos fornecedores, seleção de um fornecedor e adjunção de um contrato.
- **Controle de aquisições** – Processo de gerenciamento das relações de aquisições, monitoramento do desempenho do contrato e realizações de mudanças e correções do contrato.
- **Encerramento das aquisições** – Processo de finalizar cada uma das aquisições do projeto.

3.1.10 Gerenciamento das Partes Interessadas do Projeto

Todo projeto possui grupos de pessoas interessadas motivadas por um propósito, seja por parte de grupos, organizações ou equipes envolvidas em diversas etapas do projeto diretamente ou indiretamente que podem ou não impactar no andamento do projeto.

Analisar as expectativas das partes envolvidas em todo o projeto e desenvolver estratégias de gerenciamento apropriadas para o engajamento eficaz das partes interessadas nas decisões e execução do projeto, está inteiramente ligada a forma de gerenciamento das partes do projeto, em torno de toda a comunicação envolvida entre as partes, existe uma necessidade de atender a todos de maneira que o projeto saia conforme o planejado e que seja agradável a todos os que o interessam, através de uma comunicação contínua entre todos os envolvidos para atender suas expectativas, abordando questões pertinentes e de interesse do projeto, abordando as questões conforme elas ocorrem. (PMBOK, 2015).

O Guia PMBOK (2015) descreve que a satisfação das partes se deve à uma gerência entre elas com um objetivo essencial voltado ao projeto, dividindo assim características para essa gerência, onde deve-se:

- **Identificar as partes interessadas** – Processo de identificar as pessoas, grupos ou organizações que podem impactar ou serem impactados por uma determinada decisão, atividade ou resultado.
- **Planejar o gerenciamento das partes interessadas** – Processo de desenvolver estratégias apropriadas de gerenciamento para engajar as partes interessadas de maneira eficaz no decorrer de todo o ciclo de **vida do projeto**.

- **Gerenciar o engajamento das partes interessadas** – Processo de se comunicar e trabalhar com as partes para atender às suas necessidades/expectativas, abordando questões à medida que elas ocorrem.
- **Controlar o engajamento das partes interessadas** – Processo de monitoramento dos relacionamentos das partes interessadas do projeto em geral, e ajustar estratégias e planos para o engajamento das partes.

Ainda de acordo com o Guia PMBOK (2015, p. 391):

Todos os projetos têm partes interessadas que são afetadas ou podem afetar o projeto de uma maneira positiva ou negativa. Embora algumas partes interessadas possam ter uma habilidade limitada de influenciar o projeto, outras podem ter uma influência significativa no projeto e nos seus resultados esperados.

Está relacionado à habilidade do gerente de projetos a identificação e gerenciamento das partes interessadas de maneira que, de maneira apropriada, possa haver uma diferença significativa entre o êxito e o fracasso.

3.2 CICLO DE VIDA DE UM PROJETO

Em todo e qualquer projeto existe o ciclo de vida, cada projeto varia entre tamanho e complexidade, mas em todos os projetos independente da sua estrutura, podem ser mapeados em uma estrutura genérica de seu ciclo de vida, que ao longo desse ciclo os projetos apresentam riscos e custos envolvidos que variam de acordo com a fase em que se encontra. No início os custos tendem a ser baixos, tendo seu auge durante a execução e por fim, diminuem no encerramento dos projetos/atividades, como visto ao longo do estudo de caso mostrado posteriormente, os altos custos envolvidos no projeto tendem a ser mais relevantes durante sua execução por haver imprevistos no decorrer das etapas onde estão presentes os processos primordiais para o projeto e estrategicamente a partir desses processos são analisadas as saídas de imprevistos apresentados para não impactar no custo final do produto.(PMBOK, 2013).

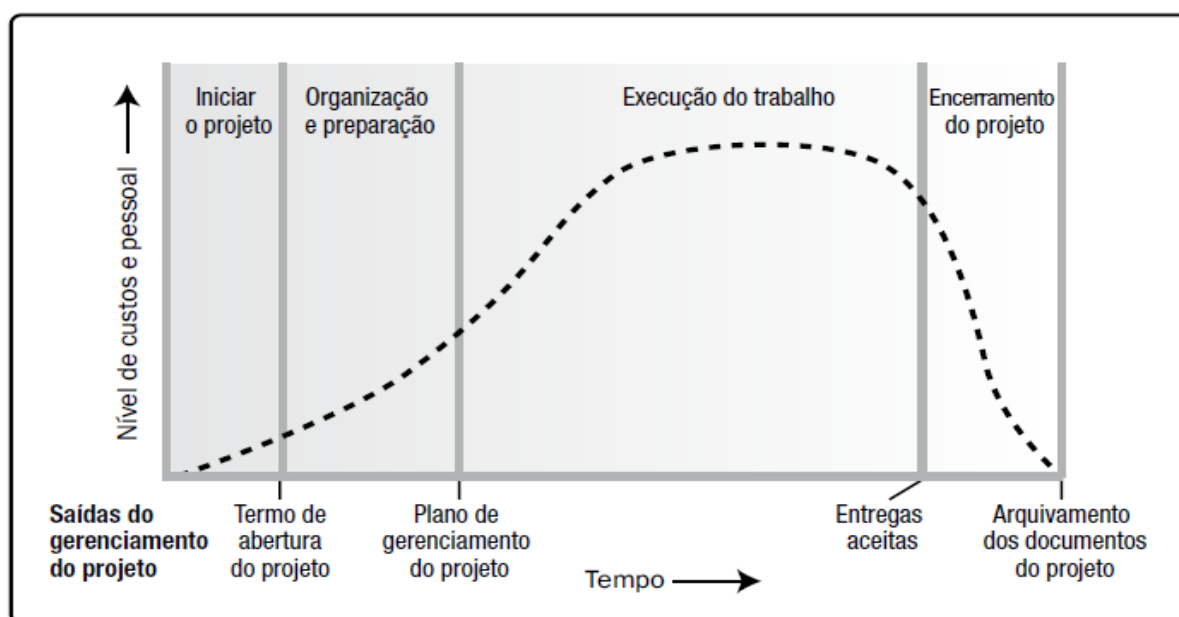
O ciclo de vida demonstra e comprova na prática em relação a construção das torres do aerogeradores, a fase do ciclo que tende a demandar mais custos no projeto é justamente a parte construtiva por haver grande quantidade de pessoas envolvidas,

além grande quantidade de insumos no processo construtivo, onde justamente está caracterizado no Guia PMBOK de 2015 que descreve que em um ciclo de vida de um projeto a etapa que mais tende a haver um maior tempo e custo envolvido é na execução do trabalho (Figura 13).

São caracterizados na sua estrutura o início de projeto, a organização e preparação, execução do trabalho do projeto e o encerramento de projeto, esta estrutura genérica do ciclo de vida é frequentemente utilizada e referenciada na comunicação com a alta organização administrativas de empresas e/ou entidades organizacionais menos familiarizadas com cada detalhe do projeto. (PMBOK, 2013).

É necessário compreender que o ciclo de vida do projeto não está ligado ao ciclo de vida do produto produzido ou modificado pelo projeto, entretanto, esta visão de alto nível de projeto pode oferecer um referencial para a comparação de projetos, mesmo que, em sua construção e elaboração sejam diferentes entre si. (PMBOK, 2013).

Figura 13: Níveis típicos de custo e pessoal em toda a estrutura genérica.



Fonte: PMBOK 5º Ed, 2015.

Segundo Reis (2011) e o Pmbok® (2013), dependendo da complexidade, os projetos são divididos em componentes mais facilmente gerenciáveis ou subprojetos, podendo estes, inclusive, serem contratados de uma empresa externa ou de outra unidade funcional da organização executora.

4 GESTÃO DE QUALIDADE

A aplicação da qualidade nos diversos setores que compõem uma organização tem sido aplicada a mais tempo que se imagina, por volta de 2150 a.c., o código de Hamurabi já demonstrava sinais de preocupação com a durabilidade e funcionalidade das edificações produzidas na época, que de acordo com a lei naquele tempo, se um construtor negociasse um imóvel que não tivesse qualidade e por ventura viesse a desabar, o mesmo seria sacrificado. Em períodos mais recentes, pouco antes da 2ª Revolução Industrial a qualidade era determinada a partir dos esforços dos artesãos em seu meio de produção da época. (MONTGOMERY, 2004; OLIVEIRA, 2004).

Em relação à qualidade, pode haver várias definições dependendo do ponto de vista de quem analisa. Um serviço ou um produto pode ter qualidade para uma pessoa e não ter para outra. A qualidade de um produto está atrelada à maneira que ela se adequa ao uso e à capacidade de atender às necessidades dos clientes bem como o produto deve ser isento de defeitos. (LOURENÇO; MAINARDES; TONTINI, 2010).

São vários os conceitos de qualidade aplicado ao longo dos anos, no âmbito da Engenharia Civil, a qualidade deve estar presente em praticamente em todo tipo de projeto, seja do menos complexo até os grandes empreendimentos da atualidade. Estudos são realizados para garantir a qualidade necessária para uma edificação, o gestor da qualidade, deve possuir sempre a postos, técnicas para garantir a qualidade da obra. A NBR ISO 9001 por exemplo, é uma grande ferramenta para a aplicação da qualidade em qualquer meio de produção.

A aplicação de uma qualidade visa a melhoria na produtividade de algum produto ou serviço, aumentando sua lucratividade e gerando vantagens competitivas para uma organização. Também está ligada a qualidade uma forma de reduzir ou eliminar os defeitos e retrabalhos nos processos, permitindo que os resultados alcançados sejam satisfatórios. (ASSUNÇÃO *et al*, 2013).

Ainda de acordo com Mendonça (2008), os aspectos apresentados a seguir são considerados alguns dos princípios que deve haver na gestão da qualidade:

- **Foco no cliente:** envolve as necessidades dos clientes, análise de mercado e ações de melhoria com base nesses resultados.

- **Liderança:** objetivos desafiadores e melhoria da confiança dos seus colaboradores.
- **Envolvimento das pessoas:** é a essência de uma organização, é ter responsabilidade pelo cumprimento dos objetivos propostos pela organização.
- **Abordagem por processos:** melhor definição das responsabilidades de cada pessoa no decorrer das atividades que compõe cada processo, possibilitando a identificação e medição dos *inputs* e *outputs* do processo.
- **Abordagem da gestão:** identificar, compreender e gerir processos inter-relacionados como um sistema.
- **Melhoria contínua:** fazer parte da cultura da empresa.
- **Abordagem a tomada de decisões:** baseada em fatos para orientar nas tomadas de decisões.

A implementação da NBR ISO 9001 é uma forma de garantir que a empresa ou organização interessada esteja de acordo com os padrões de qualidade necessários, além de mostrar aos clientes que a empresa está sempre preocupada com a qualidade do serviço prestado ou produto oferecido, sempre buscando a satisfação do cliente.

De acordo com Reis, Paião e Soares (2014, p. 3):

Para assegurar o sucesso da implantação de um Sistema de Gestão da Qualidade, é preciso que os interessados estejam envolvidos plenamente no projeto, sendo indispensável o comprometimento gerencial e administrativo, por isso transmitirá aos colaboradores sob sua supervisão total, segurança para a sustentação da qualidade.

Com isso, empresas que possuem certificação da NBR ISO 9001 (2015), possuem uma forma de comprovar que o sistema de qualidade da empresa está conforme os padrões e normas internacionais, sendo assim, sendo submetidas a rigorosos controles de qualidade demonstrando comprometimento e preparo para o mercado de trabalho, principalmente em relação a concorrência com o mercado. (REIS; PAIÃO; SOARES, 2014).

Através da implantação de uma gestão de qualidade em uma determinada empresa pode trazer vantagens e desvantagens que podemos observar algumas delas na Tabela 1 a seguir.

Quadro 1: Vantagens e desvantagens promovidas pelo uso da NBR ISO 9001 (2015).

VANTAGENS	DESVANTAGENS
Aumento da credibilidade da construtora frente ao mercado consumidor.	Tempo necessário para desenvolver o sistema.
Aumento da competitividade das suas obras no mercado.	Custos para implementação e manutenção do SGQ.
Abertura de novos mercados.	Inflexibilidade e burocracia na implantação do SGQ.
Maior conformidade e atendimento às exigências dos clientes.	Dificuldades para criar e manter o entusiasmo dos funcionários com o sistema.
Aumento da lucratividade e melhores condições para acompanhar e controlar os processos.	Mudanças necessárias podem ser contrárias ou conflitantes com a cultura existente.

Fonte: Adaptado de Fraga (2001).

4.1 CICLO PDCA

De acordo com a norma da ABNT NBR ISO 9001 (2015, p. vii) que afirma que:

A adoção de um sistema de gestão de qualidade é uma decisão estratégica para uma organização que pode ajudar a melhorar seu desempenho global e a promover uma base sólida para iniciativas de desenvolvimento sustentável.

Os seus benefícios são potenciais para a organização através da implementação da qualidade baseado na norma da ABNT NBR ISO 9001 (2015), sendo um dos benefícios apresentados de acordo com a referida norma:

- A capacidade de prover consistentemente produtos e serviços que atendam aos requisitos do cliente e aos requisitos regularmente aplicáveis.
- Facilitar oportunidades para aumentar a satisfação final, ou seja, a qualidade oferecida ao cliente.
- Abordar riscos e oportunidade relacionados no seu contexto e objetivos.
- Capacidade de demonstrar conformidade com os requisitos específicos de sistemas de gestão da qualidade.

O Ciclo *Plan-Do-Check-Act* (PDCA), também chamado de Ciclo de Deming ou Ciclo de Shewhart - é uma ferramenta de gestão que possui objetivo de promover a melhoria dos processos por meio de um ciclo de ações: planejar (*plan*), fazer (*do*), checar (*check*) e agir (*act*). O intuito não é apenas de saber e entender como determinado problema surge, mas também como o mesmo deve ser solucionado,

focando na causa e não nas consequências. Uma vez identificada, a oportunidade de melhoria no projeto, é a hora de colocar em prática mudanças necessárias para então atingir os resultados desejados com mais qualidade e eficiência. (ABNT, 2015; BUILDER, 2017).

A ABNT NBR ISO 9001 (2015) afirma que o ciclo PDCA pode ser resumido de forma que:

- **Plan** (planejar): estabelece os objetivos do sistema e os seus processos juntamente com os recursos necessários afim de fornecer resultados de acordo com os requisitos dos clientes e com as políticas de cada organização.
- **Do** (fazer): onde ocorre a implementação do que foi projetado.
- **Check** (chechar): monitora e mede os processos, produtos e serviços resultantes da relação entre políticas, objetivos e requisitos exigidos, demonstrando os referidos resultados.
- **Act** (agir): executa as ações para melhorar o desempenho do projeto, conforme necessário.

O ciclo pode ser aplicado para todos os processos executivos e para o sistema de gestão da qualidade como um todo (figura 14).

Figura 14 Esquema do ciclo PDCA.



Fonte: Bezerra (2015).

O ciclo PDCA para algumas empresas, principalmente gigantes nacionais e nas multinacionais está enraizado em seus projetos, mas para as de pequeno e médio porte ainda é visto como uma técnica inovadora, a questão é que o ciclo está ligado diretamente à cadeia produtiva da construção civil. De acordo com cada adaptação para os diferentes projetos, os resultados virão de acordo com a forma de planejar e do envolvimento dos colaboradores envolvidos no sistema de qualidade.

Este ciclo nos leva a descobrir se possíveis problemas estão sendo resolvidos de forma correta, nos estágios de C – *Check* (verificação) e A – *Action* (ação) é possível avaliar se as ações que foram realizadas para a solução de problemas foram as mais adequadas para cada caso. Se por acaso houver necessidade de correção, nesses estágios podemos verificar e já projetarmos melhorias futuras que levem a solução de outros problemas.

Em qualquer atividade desempenhada pela engenharia, processos são utilizados para a obtenção de resultados específicos que, em conjunto e bem trabalhados, irão cumprir objetivos estabelecidos de maneira mais eficiente, sendo assim, é fundamental a busca do conhecimento sobre o ciclo PDCA por parte de um engenheiro, devido aos grandes desafios que o profissional vivencia no dia a dia em obra ou em escritórios, o ciclo serve como uma ferramenta bastante útil para o acompanhamento dos projetos e na verificação dos resultados que estão sendo obtidos ao decorrer dos estágios de verificação, buscando cada vez mais a eficiência.

4.2 MÉTODO QC STORY

O método *QC Story* ou mais conhecido como Método de Análise e Solução de Problemas (MASP) é um método gerencial de origem japonesa que foi implementada no Brasil, consiste na aplicação do PDCA para a efetiva solução de problemas através do conhecimento adquirido de cada uma das etapas dos processos responsáveis, gerando vantagem de ter todos da empresa envolvidos e capacitados para atingir altos níveis de qualidade em seus projetos. (CAMPOS, 2004).

A construção do MASP como método destinado a solucionar problemas passou pelas empresas e organizações como um conceito, foi incluso junto do ciclo PDCA para incorporar um conjunto de ideias que se relacionam e que envolvem a tomada de decisões, formulação de hipóteses e a objetivação de análises dos fenômenos. (CAMPOS, 2004).

Embora o MASP seja derivado do ciclo PDCA, eles são muito confundidos na literatura. Para a diferenciação deve ser levado em consideração que o PDCA se enquadra na definição de ‘conceito’ devido ao seu caráter genérico, já o MASP se enquadra na definição de ‘método’, devido ao conjunto de passos pré-definidos para atingir um fim específicos. Podendo ser possível afirmar que o ciclo PDCA serve de plano de fundo para a estruturação de modelos e métodos. (ORIBE, 2013; CAMPOS, 2004).

De acordo com Oribe (2013) o MASP pode ser dividido em 8 etapas principais para sua concepção, sendo elas:

- **Identificação do problema** – Definir claramente o problema e reconhecer sua importância.
- **Observação** – Investigar as características específicas do problema com uma visão ampla e sob vários pontos de vista.
- **Análise** – Descobrir as causas fundamentais.
- **Plano de Ação** – Conceber um plano para bloquear as causas fundamentais.
- **Ação** – Bloquear as causas fundamentais.
- **Verificação** – Verificar se o bloqueio foi efetivo.
- **Padronização** – Prevenir contra o reaparecimento do problema.
- **Conclusão** – Rever todo o processo de solução do problema para trabalho futuro.

4.3 FERRAMENTAS DA QUALIDADE

Durante a aplicação do QC *Story* é notável utilização de ferramentas para garantir o controle de qualidade nos projetos, uma vez que o método precisa do auxílio dessas ferramentas para cumprir metas estabelecidas. (SILVA; SOUZA, 2014).

De acordo com Silva e Souza (2014):

É interessante distinguir o método das ferramentas, pois o método é o conjunto de etapas previamente definidas, é uma espécie de guia para o caminho a qual se deve seguir, em cada etapa do método são aplicadas ferramentas específicas para alcançar o objetivo.

4.3.1 Folha de Verificação

Corrêa e Corrêa (2008), afirmam que consiste em formulários, planilhas e tabelas que possuem objetivo de facilitar a coleta dos dados e organizar de melhor forma, diminuindo os erros. Os dados coletados são utilizados para a verificação da possível existência ou não de certos problemas durante o processo.

4.3.2 Diagrama de Causas e Efeitos

O diagrama de causas e efeitos é uma representação gráfica que permite a organização das informações, consequentemente possibilitando a identificação das possíveis causas de um determinado problema ou defeito constatado. (SILVA; SOUZA, 2014).

Ainda segundo Silva e Souza (2014, p. 8):

Também conhecido como Espinha de Peixe ou Ishikawa, nos permite agrupar as causas e sub causas dos problemas. Essas causas são divididas em: Máquina, método, mão-de-obra, matéria-prima, meio ambiente e medição. A partir disso, criaremos uma espinha de peixe com as setas principais voltadas para essas causas e setas secundárias voltadas para as setas principais representando as sub causas do problema, com isso destrincharemos as informações para encontrar com mais clareza as principais causas dos problemas ou efeitos.

4.3.3 Brainstorming

O *Brainstorming* também conhecido como tempestade de ideias, é a ferramenta mais antiga da criatividade e é associada a ideias, identificada e estudada por Platão, no século IV a.C., é uma ferramenta essencial para potencializar a criatividade reunindo um grupo de pessoas afim de gerar uma quantidade considerável de ideias sobre algum assunto que precisa ser resolvido. (SEBRAE, 2015).

De acordo com Silva e Souza (2014): “Existem dois tipos de *Brainstorming*: estruturado (todos os grupos devem dar uma ideia em cada rodada) e não estruturado (as ideias podem ser lançadas a qualquer momento, sem ter uma sequência específica)”.

4.3.4 Fluxograma

O fluxograma é a representação gráfica dos processos que fazem parte de um projeto, é a partir dele que podemos organizar melhor o raciocínio para planejar as etapas que fazem parte de um projeto, também tem como característica a facilitação na elaboração das atividades e tarefas, identificando pendências, relacionamentos e pontos de estrangulamento de atividades, localizando elos e elementos desconexos e perdidos bem como a possibilidade do controle dos processos para a verificação de tudo que está contido nas etapas. (PUTTI, 2017).

4.3.5. 5W1H

O 5W1H é um documento de forma organizado que identifica as ações e as responsabilidades de quem irá executar determinada tarefa e através de questionamentos é possível orientar diversas ações que deverão ser implementadas. (FRANÇA, 2017).

O significado do termo 5W1H nada mais é que perguntas simples que devem ser respondidas na hora de dividir as tarefas, criar projetos e planejar ações, são elas simplificadas na tabela 2 a seguir:

Quadro 2: Perguntas e traduções do 5W1H.

Pergunta	Tradução
<i>What?</i>	O que?
<i>When?</i>	Quando?
<i>Where?</i>	Onde?
<i>Why?</i>	Por que?
<i>Who?</i>	Quem?
<i>How?</i>	Como?

Fonte: França (2017).

4.3.6 Matriz GUT

A matriz GUT é uma ferramenta utilizada pelas empresas com o intuito de priorizar os problemas e consequentemente trata-los, levando em consideração as Gravidades, Urgências e Tendências, através dessas 3 características que provém da sigla GUT. (BASTOS, 2014).

Segundo Bastos (2014):

A técnica GUT foi desenvolvida por Kepner e Tregoe, especialistas na resolução de questões organizacionais e tinha como finalidade orientar decisões mais complexas, ou seja, decisões que envolvem muitas questões. [...] é preciso separar cada problema que tenha causa própria e somente após isso, saber qual a prioridade na solução dos problemas identificados. A matriz GUT atua justamente nesse aspecto, selecionando e escalonando os problemas, levando em conta os principais impactos positivos e negativos que a correção dos mesmos pode trazer.

A matriz GUT é uma ferramenta excepcional para empresas em sua administração e para todo gestor de projetos, pois possibilita a avaliação quantitativa e qualitativa, fornecendo números consistentes e com um específico grau de prioridade. (BASTOS, 2014).

5 ETAPAS BÁSICAS PARA CONSTRUÇÃO DE UM PARQUE EÓLICO

A construção de um parque eólico envolve diversos fatores, desde os mais simples até os mais complexos e que envolvem questões ambientais e sociais de determinada região. Inicialmente a construção inicia-se pela reabilitação ou execução do caminho de acesso principal em que todo o material e pessoas iram transitar (Figura 15).

Quando já existe um caminho de acesso, na maioria das vezes é necessário que seja feito um reforço no pavimento e/ou o alargamento do mesmo devido ao peso e tamanho das estruturas que fazem parte de um aerogerador, permitindo o acesso de máquinas de transporte de grande peso e de todo o material para a construção do parque eólico. (MENDES; COSTA; PEDREIRA, 2002).

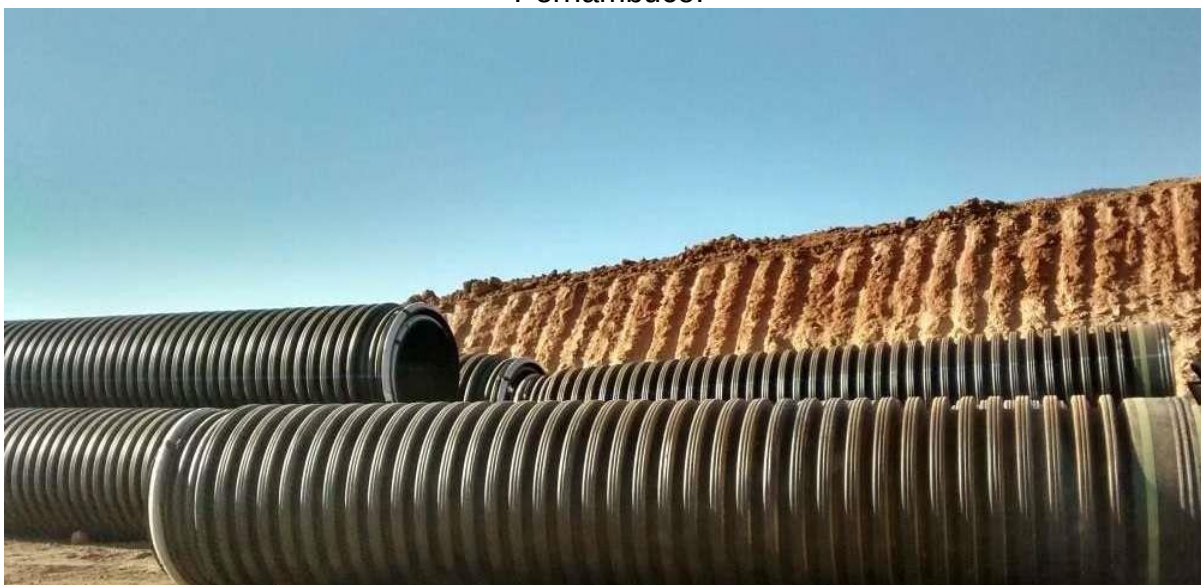
Figura 15: Obras de acesso aos parques eólicos



Fonte: Grupo Sotreq (2014).

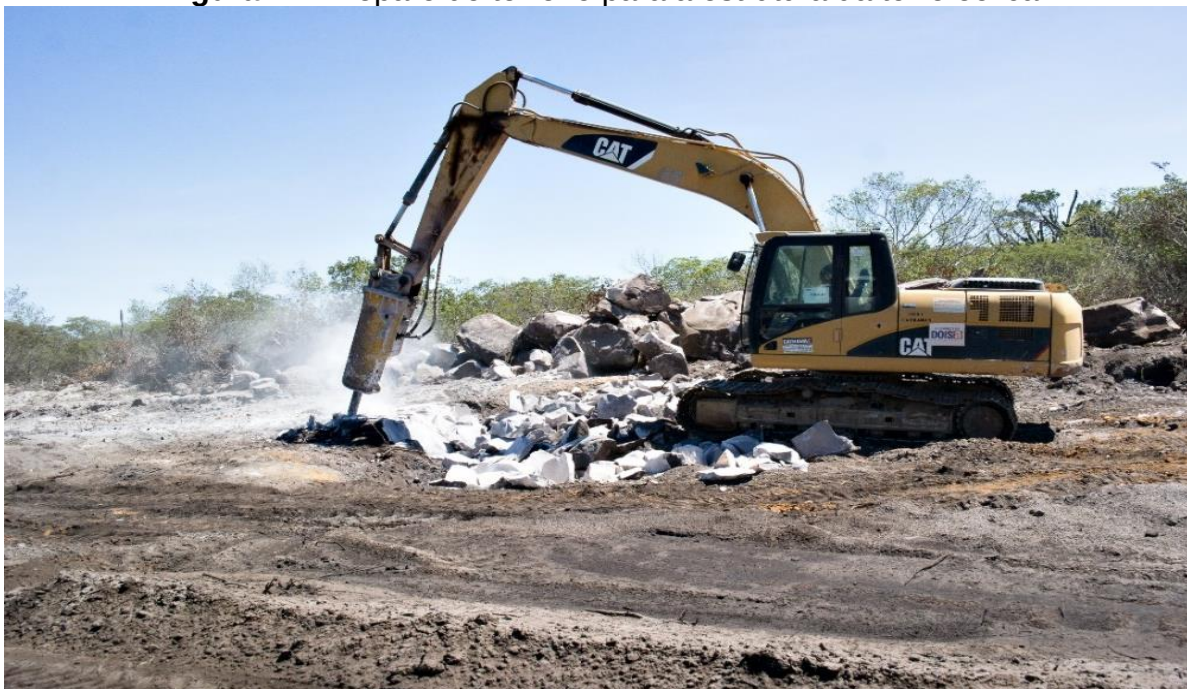
Como toda e qualquer obra de construção civil, é necessária a escolha adequada do local a ser implantado o parque, em seguida após os estudos de viabilização e todas as etapas de projetos estruturais, é realizada a limpeza do terreno (Figura17) junto da regularização do solo. Após a regularização do solo, são feitas obras de drenagem (Figura 16) que consistem basicamente na construção de aquedutos e valetas de drenagem. (MENDES; COSTA; PEDREIRA, 2002).

Figura 16: Dutos para obras de drenagem de parque eólico na divisa do Piauí e Pernambuco.



Fonte: TIGRE-ADS (2015).

Figura 17: Preparo do terreno para a estrutura da torre eólica



Fonte: Grupo Sotreq (2014).

Após realizada a abertura ou regularização do caminho de acesso principal e depois de escolhido o local de implantação dos aerogeradores seguido da escolha de traçado dos caminhos de acesso, são executados caminhos restantes dentro do parque, onde por eles servirão de transporte interno de pessoal ou de equipamentos ao longo da construção do parque. (MENDES; COSTA; PEDREIRA, 2002).

Ao longo da execução dos acessos secundários que ligam cada aerogerador são abertas valas para a passagem e instalação de cabos elétricos que interligam os aerogeradores e a subestação. (MENDES; COSTA; PEDREIRA, 2002).

Após a execução das etapas de preparo do terreno (Figura 17), é realizada a fase seguinte de execução das fundações das torres dos aerogeradores, sendo esta etapa bastante importante no processo devido a necessidade de projeto de fundações de grandes dimensões que possam suportar as grandes torres eólica que podem ultrapassar os 100 metros de altura e chegando a 850 toneladas (quando se trata de torres de concreto). Toda a checagem de material utilizado deve ser bastante rígida para que não haja erros na sua execução, papel que um gestor de obra deve ter ao acompanhar em cada processo da construção seguindo as normas de qualidade para a execução das etapas. (MENDES; COSTA; PEDREIRA, 2002).

Figura 18: Execução da armadura da fundação da torre eólica.



Fonte: Panizzi, 2012.

Concluída a execução das fundações das torres, é feito o preparo da plataforma provisória para em seguida ser realizada a montagem da torre, essa por sua vez pode ser feita através de diversos modelos construtivos dependendo do tipo do material utilizado na sua construção.

Figura 19: Transporte de uma das pás de um aerogerador.



Fonte: Panizzi (2012).

Figura 20: Torres sendo montadas através de guindastes.



Fonte: Panizzi (2012).

A escolha do tipo de material a ser utilizado em sua fabricação, depende de fatores como custo, altura, transporte, montagem e manutenção, que variam entre os diversos locais e solo que são implementados. Pode-se dizer que as torres de aço cônicas são mais utilizadas em alturas menores, na faixa de 80 a 100 metros, enquanto as torres de concreto, híbridas ou as treliçadas são empregadas em maiores alturas, maiores que 100 metros. (CUSTÓDIO, 2013; ABDI, 2014).

No Brasil, a utilização das torres cônicas de aço e as híbridas são mais comuns, entretanto, atualmente as torres feitas totalmente de concreto protendido vêm ganhando espaço no mercado atual, fazendo com que os fabricantes desenvolvam protótipos no país. (ABDI, 2014).

As torres representam um custo em torno de 20 a 25% de um aerogerador. Se tratando das torres cônicas de aço, são utilizadas cerca de 100 a 200 toneladas deste material, de acordo com a altura, aproximadamente 98% da torre é feita de aço, gerando um peso da estrutura em torno de 65% do peso total do aerogerador. As torres de concreto possuem um peso bem mais elevados devido ao material utilizado, podendo chegar a 850 toneladas apenas em sua estrutura, fora o peso total de outros componentes do aerogerador.

5.1 COMPONENTES DO AEROGERADOR

Além dos componentes estruturais, que correspondem a 90% do custo de material utilizado, também fazem parte das torres uma série de componentes internos, sendo alguns desses: escadas, elevadores, plataformas, suportes, *guard-rails*, sistemas de proteção contra descargas de raios, entre outros. A figura 21 a seguir apresenta uma representação dos vários componentes internos de uma torre eólica. (ABDI, 2014).

Figura 21: Componentes internos da torre.



Fonte: Lopes (2017).

Para a construção das torres, são utilizados 2 tipos: Treliçadas e cônicas. As treliçadas (Figura 22) são feitas a partir de estruturas metálicas, são mais econômicas e necessitam de fundações mais simples. As cônicas dividem-se basicamente no material utilizado na sua construção, sendo utilizados estruturas metálicas (Figura 23) de aço ou betão ou de concreto armado pré-moldado (Figura 24).

Figura 22: Complexo de aerogeneradores com torres treliçadas.



Fonte: Brametal (2016)

Figura 23: Peças metálicas para a construção das torres.



Fonte: TEGOPI (2016)

As torres de concreto podem adotar duas formas de fabricação, a primeira é a feita “*in loco*”, onde as torres são construídas no local, modelo de construção tradicional de estruturas de concreto vistos na construção civil, e as pré-moldadas que são construídas em fábricas especializadas em locais próximos ou distantes e que dependem do fornecimento e transporte para a montagem, estas podem sofrer avarias no transporte, sendo recomendado a sua utilização onde houver locais de transportes de trajetos curtos e que não sejam de difícil acesso, quando esses fatores não são

possíveis, é preciso readequar o projeto para a utilização de torres metálicas de acordo com o projetista especificar.

Figura 24: Estocagem de peças pré-moldadas de concreto armado.



Fonte: Branca (2014).

A escolha do tipo de material utilizado varia de acordo com cada projeto.

A Tabela 3 a seguir mostra resumidamente alguns dos itens utilizados nas torres cônicas de aço e concreto.

Quadro 3: Resumo de Itens internos das torres cônicas.

ELEMENTO	ITENS
Estrutura da torre de aço	Chapas de aço laminado Flanges Fixadores (parafusos ou elementos de conexão) Portas Escotilhas Revestimentos
Estrutura da torre de concreto	Concreto (pré-moldados) Moldes Insertos metálicos Cabos de aço de protensão Revestimentos Produtos de montagem dos pré-moldados (adesivos)
Elementos internos	Escadas Elevador Plataformas Suportes e acessórios Sistemas de proteção contra quedas Sistemas de proteção contra raios <i>Guard-rails</i> Eletrodutos Cabos de aço de protensão Iluminação

Fonte: ABDI, 2014.

6 ESTUDO DE CASO

Com o objetivo de conhecer como ocorre o gerenciamento de projetos e em especial a gestão da qualidade na construção de torres eólicas, o estudo de caso foi elaborado a partir de uma pesquisa de campo em que foram coletados dados através de visitas técnicas e informações de funcionários da fábrica de peças pré-moldadas para aerogeradores da EÓLICABRAS que pertence ao Grupo SERVENG Engenharia.

As informações foram obtidas através da observação de campo e de um questionário (Apêndice 1) em uma entrevista a funcionários do grupo. Além disso, foram coletadas informações sobre a empresa no site institucional, a respeito da empresa e a respeito do projeto Ventos Potiguares que foi o palco do estudo de caso.

As atividades realizadas em campo tiveram intuito de conhecer o processo de gerenciamento de qualidade das etapas da construção das torres (de concreto armado protendido) dos aerogeradores bem como o processo de montagem. Foi levado em consideração a escolha da empresa em questão devido ao grande prestígio da empresa por ter renome no mercado nacional e internacional e sendo a responsável por fornecer os componentes que sustentam os aerogeradores da própria empresa no entorno da fábrica e além de fornecer o produto para outras empresas do ramo da energia eólica no Rio Grande do Norte.

6.1 CARACTERIZAÇÃO DO GRUPO SERVENG

O Grupo Serveng surgiu no ano de 1954 na cidade Guaratinguetá no estado de São Paulo, através da compra da Pedreira Itaguassú por Pelerson Penido, entretanto fundada apenas em 1958 através do crescimento dos negócios com a pedreira, a partir de então o grupo começou sua expansão. (SERVENG, 2018)

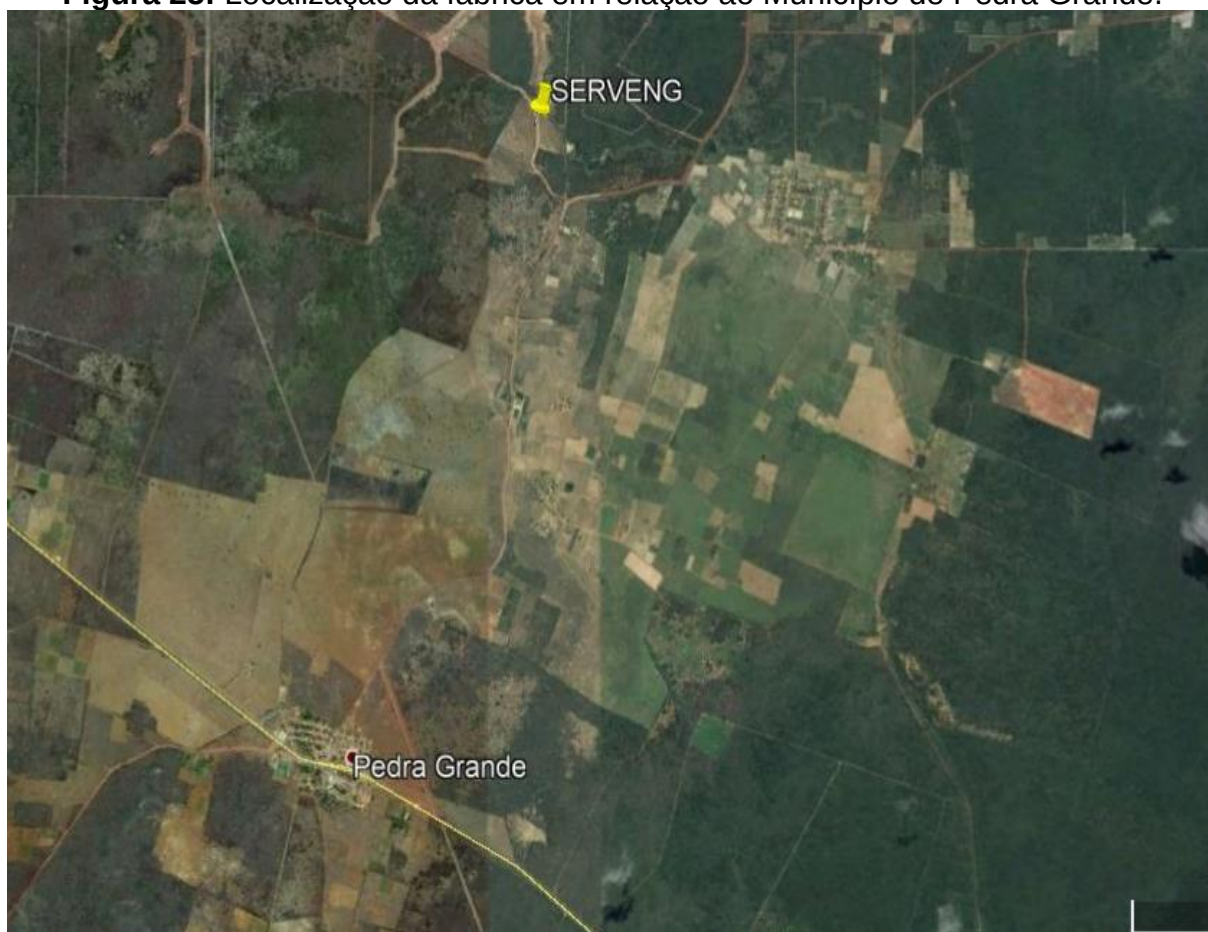
Ao longo dos anos a empresa foi crescendo e criando divisões integradas na empresa, sendo atualmente dividida em 6 áreas atuantes:

- Engenharia e construção;
- Desenvolvimento imobiliário;
- Mineração;
- Energia;
- Concessões;
- Transportes de passageiros.

6.1.1 Fábrica e o Parque

Localizada no município de Pedra Grande no estado do Rio Grande do Norte (Figura 25), a fábrica responsável pela fabricação de peças pré-moldadas de concreto armado, foi escolhida para o estudo devido a disponibilidade dos dados e pela praticidade de estar localizada em torno do complexo eólico denominado “União dos Ventos” do Grupo SERVENG Energia, que por si serve de complemento para a análise do processo de montagem das torres e a forma de gerenciamento na sua execução.

Figura 25: Localização da fábrica em relação ao Município de Pedra Grande.



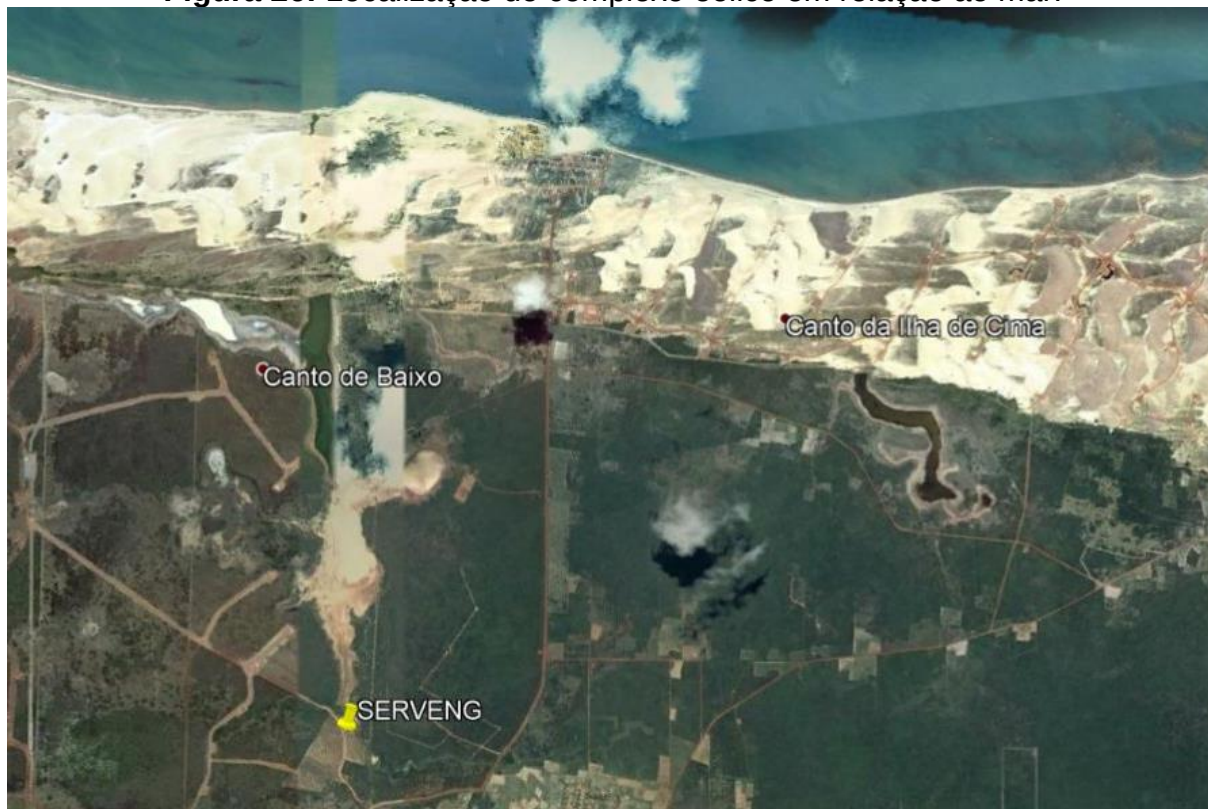
Fonte: Google Earth Pro (2018).

A o complexo eólico está localizado aproximadamente 5km de distância do centro do município de Pedra Grande (Figura 25) e aproximadamente 8km do mar (Figura 26), onde essas distâncias possuem valores aproximados de acordo com o sistema de georreferenciamento do Google Earth.

O parque conta com 106 aerogeradores do tipo General Eletric GE-1.6 – 100, com um total de 170 mW de potência instalada. Já a fábrica, conta com uma estrutura

atualmente para fabricar 72 torres/ano, porém pode chegar a 96 torres/ano e conta com uma estrutura que é independente no fornecimento de concreto.

Figura 26: Localização do complexo eólico em relação ao mar.



Fonte: Google Earth Pro (2018).

6.2 PROCESSO DE FABRICAÇÃO DAS TORRES

A fábrica da EOLICABRAS é a responsável pela fabricação e fornecimento das peças estruturais que constituem a torre do aerogerador, em seu processo de fabricação é utilizado técnicas de construção semelhantes às utilizadas na construção civil convencional. Durante todo o processo de fabricação a empresa segue as normas da ABNT onde tratam do dimensionamento, execução, controle e execução de estruturas de concreto pré-moldado. Algumas das normas utilizadas são:

- ABNT NBR 9062 (2017) – Projeto e Execução de Estruturas de Concreto Pré-moldado;
- ABNT NBR 12655 (2015) – Concreto de cimento Portland - Preparo, controle, recebimento e aceitação – Procedimento;

- ABNT NBR 14931 (2004) – Execução de estruturas de concreto – Procedimento;
- ABNT NBR 6118 (2014) – Projeto de estruturas de concreto – Procedimento;
- ABNT NBR 6122 (2010) – Projeto e Execução de Fundações;
- ABNT NBR 7112 (2012) – Execução de concreto dosado em Central – Procedimento;
- ABNT NBR 4783 (2004) - Cordoalhas de aço para concreto protendido – Requisitos.

6.2.1 Preparo, Execução e Inspeção das Peças

Se tratando de peças de concreto armado dispostos a pós-tensão, as formas são pré-dispostas em ordem de fabricação, onde são preparadas para receber a concretagem seguindo critérios normativos estabelecidos pela ABNT NBR 9062 (2017).

A fábrica conta com uma pequena usina de concretagem, onde a mesma produz o concreto utilizado na fabricação. É utilizado concreto de alto desempenho de 50 MPA (CAD) na sua fabricação.

No preparo do concreto a temperatura ambiente para o lançamento do concreto deve estar entre 5°C e 30°C, conforme a ABNT NBR 14931 (2004). A quantidade total de água é determinada com variação máxima de 3% em relação à quantidade nominal, em valor absoluto conforme a ABNT NBR 7212 (2012) item 4.3.3, além disso, a temperatura deve ser manter constante para não surgir fissuras térmicas. O valor adotado vai depender das condições climáticas da região onde são analisadas também a velocidade do vento e umidade do ar.

Para garantir que as peças se encaixem de maneira correta, é utilizado formas que possibilitam o encaixe certo através de pinos centralizadores, além da abertura para a passagem das cordoalhas para a pró-tensão.

Após a concretagem, as peças são levadas para uma área externa para que possam obter a cura ambiente desejada para em seguida realizar a desforma. É feito um processo inspeção nas peças após a cura e desforma para averiguação da qualidade final do produto e se encontra em condições de partir para o processo de montagem.

Constatando indícios de imperfeições ou pequenas falhas provenientes da formação de bolhas no momento da concretagem ou até rachaduras provenientes do manuseio da peça, utiliza-se soluções de reparo e manutenção como por exemplo o grout cimentício além da pintura acrílica ou pintura especial com manta de fibra de vidro como forma de proteção e preservação do material ao longo do tempo, aumentando a sua durabilidade.

Figura 27: Exemplo de fabricação de peças pré-moldadas de concreto armado.



Fonte: Autoria Própria (2018)

Em relação ao controle técnico de qualidade final da peça, não foi disponibilizado e observado *in loco* como e quais seriam os testes e ensaios destrutivos ou não do produto final (peças pré-moldadas) para a checagem de resistência do material, entretanto, foi esclarecido que a fábrica conta com um controle tecnológico do concreto fabricado e da resistência do produto, além do fato que de acordo com o entrevistado a fábrica se encontrava com seu processo de fabricação reduzido, estando somente funcionando por parte de manutenção dos equipamentos, com isso não pôde-se observar os ensaios no processo.

Na construção civil existem diversos ensaios destrutivos e não destrutivos para saber e determinar a resistência do concreto, podemos citar os destrutivos como por exemplo os ensaios de resistência a compressão e a tração que são realizados em laboratório e os ensaios não destrutivos como por exemplo o ensaio de esclerometria, método *pull-off*, ensaios de absorção e permeabilidade do concreto

entre outros. Nenhum desses ensaios foram observados no local devido a fábrica contar com grande parte da sua produção inativa onde não foi possível observar a aplicação de ensaios referentes ao final do processo construtivo.

6.2.2 Base e Fundação

Segundo a ABNT NBR 6122 (2010), a fundação é o elemento estrutural capaz de transmitir as cargas provenientes da estrutura para o solo sem provocar ruptura do terreno ou dos elementos de ligação.

Existem dois tipos de fundação definidas pela ABNT NBR 6122 (2012):

- **Superficiais:** quando a transmissão de cargas é feita através da base e o solo próximo ao solo é resistente o suficiente para resistir às cargas solicitantes. Podem ser divididas em:
 - **Sapata corrida:** recebe a carga distribuída linearmente;
 - **Sapata associada:** recebe vários pilares, cujos centros não estão no mesmo alinhamento;
 - **Bloco de fundação:** elemento com base quadrada ou retangular com elevação que se assemelha a um pedestal e absorve a carga, distribuindo-a sem a necessidade de armadura;
 - **Radier:** Uma placa semelhante a uma laje que abrange toda a área da construção, recebendo toda a carga e distribuindo-a no terreno;
 - **Viga de fundação:** elemento comum a vários pilares, cujos centros estão no mesmo alinhamento.
- **Profundas:** onde a transmissão da carga é feita através da superfície lateral, utiliza-se geralmente quando a superfície próxima ao solo possui baixa resistência, sendo necessário a utilização de elementos profundos como exemplo de estacas. Podem ser divididas em:
 - **Estacas:** elemento executado inteiramente por equipamentos ou ferramentas, sem que, em qualquer fase de sua execução, haja descida de operário.

Possuem grandes comprimentos e seções transversais pequenas, podendo ser feitas de madeira, aço, concreto pré-moldado e ter ou não base alargada;

- **Tubulões:** elemento de fundação profunda, cilíndrico, em que, pelo menos na sua etapa final, há descida de operário. Pode ser feito a céu aberto ou sob ar comprimido (pneumático) e ter ou não base alargada. Pode ser de aço ou concreto, com ou sem revestimento;
- **Caixões:** elemento de forma prismática, concretado na superfície e instalado por escavação interna, podendo usar ar comprimido; sua base pode ser alargada ou não.

Assim como no canteiro de obras de edifícios residenciais ou industriais, são definidas pelas características de projeto ao qual serão aplicadas, podendo variar de acordo com o projeto, terreno, tipo de solo, localidade dentre vários outros fatores, no estudo de caso que apesar de não ter sido possível ver qual o tipo de fundação utilizada nos aerogeradores visitados no complexo eólico, entretanto foi informado através do engenheiro civil que nos parques eólicos da região foram utilizadas 3 tipos de fundações, a fundação direta, troca de solo com fundação direta e estaca raiz.

Na fundação direta (ou fundação superficial, fundação rasa e fundação em superfície) é o sistema de fundação rasa em que as tensões são distribuídas sob a base e descarregadas no terreno, onde a profundidade de assentamento é inferior a duas vezes a menor dimensão da fundação. (E-CIVIL, 2018)

A troca de solo com fundação direta se refere ao processo de tratamento do solo quando o mesmo não contém características suficientes para resistir aos esforços do sistema estrutural, sendo assim necessário o tratamento com produtos para melhorar suas características e associando após a sua modificação o sistema de fundação direta (geralmente bloco de fundação).

Estaca raiz é uma estaca escavada onde seu comprimento pode ser maior que 50 metros e com diâmetro variável de 80 a 500 mm (fundação profunda), caracteriza-se por perfuração rotativa ou rotopercussiva. Uma das suas principais características de aplicação é que ela possui alta capacidade de carga (até 140 tf), são moldadas *in loco* podendo ser executadas em qualquer tipo de terreno e em condições inclinadas, entre outras características, além do fato de que o tipo de fundação mais comumente utilizado no litoral do nordeste é a do tipo sapata circular

estaqueada, na qual foi observado no local além da informação fornecida pelo engenheiro civil. (CARLOS, 2018)

Em relação ao método de avaliação da resistência da fundação, existem no mercado forma de avaliar o desempenho das estacas como exemplo a prova de carga dinâmica e estática (estacas). A prova de carga dinâmica, também chamado de carregamento dinâmico onde se consiste em principalmente determinar a capacidade de ruptura da integração sapata-solo, para carregamentos estáticos axiais. Ele difere das tradicionais provas de cargas existentes no mercado pelo fato do carregamento ser aplicado dinamicamente através de golpes por um sistema de percussão adequado. Esse ensaio possui grande importância para a qualidade do projeto devido a sua capacidade de informar a integridade da estaca com a localização de eventuais danos, além da estimativa de sua intensidade, isso permite estimar a eficiência do sistema de cravação. (ENGENHARIA, 2018)

No estudo em questão o ensaio de carregamento dinâmico não foi observado durante as visitas ao complexo eólico devido as estruturas estarem executadas e por não haverem obras no momento das visitas, mas devido a exigência na qualidade das fundações por norma e por ter sido informado a utilização de ensaios na sua execução, esse método estudado foi o mais adequado para o projeto em questão.

Figura 28: Preparo das armações da base da estrutura.



Fonte: Autoria Própria (2018)

Durante o preparo das armações (Figura 28) é realizado um acompanhamento de engenheiros e técnicos da qualidade para a inspeção se o serviço está sendo executado de acordo com as normas internas da empresa e seguindo orientações da NBR 6122 (2010).

Na obra do estudo de caso é utilizado na fixação da torre na base o sistema de pró-tensão usando cordoalhas de 15.2 mm de diâmetro (Figura 29) de acordo com a ABNT NBR 4783 (2004) que se estendem por toda a torre, isto é, cabos protendidos que saem da fundação até a nacele em diversos pontos ao redor da estrutura, fazendo com que a torre possa resistir as cargas especiais (ventos, giro do rotor, etc) fazendo com que a estrutura se mantenha firme e estável.

Figura 29: Base pronta para receber a estrutura e o sistema de pró-tensão.



Fonte: Autoria Própria (2018)

Durante as entrevistas realizado em campo não foi mencionado se existe um controle de resistência da fundação utilizada, nem como é feito o processo de ensaios. Apesar de não ter sido evidenciado ou mencionado se existe ou não um controle, deduz-se que devido à complexidade da obra e de que a empresa em questão possui

um histórico de grandes obras, pode-se dizer que foi utilizado ensaios e testes de resistência, entretanto não foram disponibilizados ou postos em ata durante a entrevista.

6.2.3 Montagem

A montagem é feita através de guindastes de grande porte (Figura 28) que são montados na obra devido ao seu tamanho, as peças vão sendo encaixadas umas nas outras seguindo a ordem de montagem do maior para o menor até o topo.

De acordo com os padrões construtivos adotados pela empresa na construção das torres, é adotado a seguinte sequência de montagem:

- Da 1° a 18° peça utiliza-se peças tipo “C”, encaixando-as uma a uma de forma controlada.
- Da 19° a 30° utiliza-se peças inteiras de formato circular devido à altura envolvida, é mais conveniente a montagem com as peças inteiras.

Uma das técnicas utilizadas pela empresa é a utilização de um prumo a laser que serve para garantir que as peças se unam sem que haja grandes deslocamentos do centro de gravidade da torre, de acordo com o calculista e com o projeto estrutural, existe um limite medido em milímetros por metro (mm/m) em que as peças possam se deslocar do seu centro sem que comprometa a sua estrutura. Este controle é feito devido à dificuldade executiva para a montagem, se tratando de estruturas muito pesadas e que se não houver um controle rigoroso em todas as etapas, o resultado final pode não sair como o planejado.

A NBR 6118 (2010) e a NBR 9062 (2017) dispõe de normas relacionadas à execução de estruturas de concreto armado e protendido, sendo estas apresentadas previamente, entretanto, devido a política de privacidade do grupo SERVENG ser restrita ao público, não foi permitido publicar dados específicos de limites e de especificações mais detalhadas quanto ao controle da montagem da obra em questão.

De acordo com o engenheiro responsável pela obra e pelo gerenciamento do projeto, os limites são estabelecidos de acordo com o calculista e no que consta no projeto, além disso, são adotados critérios de avaliação e controle da montagem baseados nas normas atuais.

Por questão de praticidade e de segurança o processo de montagem é realizado no período noturno das 21:00 hrs as 07:00 hrs, onde a incidência dos ventos é menor na região, contribuindo para a montagem. Na união entre as peças é utilizado resina epóxi com resistência de até 90 MPa para a união e melhor fixação.

Figura 30: Guindaste de grande porte realizando a montagem das peças da torre.



Fonte: Autoria Própria (2018)

6.3 CONTROLE DA QUALIDADE

Durante a pesquisa de campo, foram entrevistados 2 integrantes responsáveis pelo gerenciamento e pelo controle das atividades. O primeiro entrevistado é um engenheiro civil que lida com o projeto desde a sua concepção, e o segundo é o técnico de qualidade responsável pelo controle e acompanhamento da qualidade.

O Grupo SERVENG possui uma política interna em que os dados específicos do projeto e da empresa não podem ser divulgados, com isso, algumas informações referentes à números específicos do projeto que foram fornecidos durante a entrevista não poderão ser expostos a público, mas serviram como comparação de resultados por parte do autor deste trabalho.

Alguns tópicos presenciados na entrevista podem ser descritos para o gerenciamento da qualidade no processo de fabricação e montagem de

aerogeradores, a maioria presenciada no cotidiano da construção civil e de outras áreas.

6.3.1 Escopo e Cronograma

O escopo do projeto é um documento que contém todos os elementos necessários para que ele seja concluído. Desde os produtos que serão entregues, quem irá compor o time de execução e até quanto tempo e dinheiro serão investidos precisam estar descritos no escopo. Esse documento é disposto aos líderes da equipe para repassar as informações de maneira correta aos encarregados. Após essa etapa é executado a construção do cronograma de forma mais equilibrada com prazos definidos para o projeto.

Vale ressaltar que antes dessa etapa existe ainda o planejamento inicial do projeto, entretanto não foi possível a obtenção de tais informações devido ao limite de informações fornecidas.

Sobre o cronograma de atividades, os entrevistados relataram da utilização de cronogramas de atividades dentro do projeto que servem para acompanhar o andamento das atividades e o controle das etapas realizadas e as que ainda faltam ou estão atrasadas. O acompanhamento é realizado por planilhas de controle no MS Excel por padrão da empresa, entretanto um dos entrevistados relatou que utiliza o MS Project como ferramenta de auxílio para o acompanhamento.

O cronograma é uma das ferramentas básicas e mais utilizadas em qualquer projeto e envolve todos no projeto. É necessário controle do acompanhamento dos prazos, desde a implantação do projeto até a sua entrega, em um cronograma bem elaborado devem ser analisados imprevistos ao decorrer da obra, imprevistos estes que dependem de cada localidade em que se caracteriza o empreendimento. Não é possível saber ao certo o que pode dar errado no durante a realização das etapas, mas é necessário analisar de alguma maneira os problemas mais previsíveis, e para os problemas possíveis analisados, devem ser criadas soluções prévias para a não interrupção dos prazos.

6.3.2 Reuniões

Durante o cotidiano da empresa, são realizadas reuniões semanais com todos os envolvidos diretamente e indiretamente na construção das peças e na montagem das torres para esclarecimentos e para os devidos direcionamentos a serem tomados nas jornadas de trabalho, tendo em vista o número de pessoas envolvidas que pode chegar a 50 envolvidos diretamente e 200 indiretos (somente considerando produção e montagem das torres. Para acesso e fundações chega em torno de 300 indiretos), sendo assim, etapa básica de controle de andamento de obra. Lidar com um grande número de pessoas é preciso um controle rigoroso de cada funcionário para saber a produtividade de cada um e sobre suas rotinas de trabalho para que cada um seja designado a realizar cada função de acordo com sua capacidade.

As reuniões realizadas pela empresa com as partes interessadas no projeto fazem parte do grupo de gerenciamento da integração do projeto conforme o guia PMBOK de 2015, ligando todas as 10 áreas do gerenciamento vistos anteriormente.

Neste cenário de gestão de integração é necessário que as reuniões sejam produtivas e que possuam esclarecimentos e direcionamentos para poupar tempo e que possam ser úteis para o andamento e aprimoramento do projeto, podendo ser considerada parte do item “P” do ciclo, o *Plan* (Planejar), além do planejamento inicial realizado antes do início dos projetos.

6.3.3 Controle e Inspeção da Qualidade

Existe um controle de custos e de pessoas, toda a movimentação de caixa é controlada para que não haja desperdícios ou retiradas indevidas para outros fins, o controle de pessoal é bastante importante devido à quantidade de pessoas envolvidas no projeto, desde a parte do preparo, fabricação, armazenamento, controle, montagem, controle e inspeção.

Durante a realização de todas as etapas existentes no processo de fabricação e montagem, profissionais capacitados e treinados realizam inspeções de controle, e checagens de itens apontados em *check lists*. De acordo com o segundo entrevistado responsável pela qualidade e acompanhamento da obra, durante todas as etapas do projeto, são disponibilizados aos inspetores de qualidade, formulários contendo todos os pontos importantes que não podem faltar ou sair errado no decorrer do projeto

(*check list*), cada etapa é analisada, conferida e registrada, gerando um relatório de andamento do projeto. Um dos papéis do gestor de projetos é assegurar um padrão de qualidade e que este seja contínuo durante todo o projeto.

O princípio das checagens de processos faz parte de uma das etapas da ferramenta de gestão de projetos da ABNT NBR ISO 9001 (2015) denominado PDCA, a checagem ou como conhecido “*check*” faz parte do ciclo de gestão do projeto.

Vale ressaltar que, os processos de controle e qualidade do concreto por exemplo não foram observados no momento da visita devido a fábrica possuir acesso restrito à funcionários onde não foi possível observar qual o tipo de controle é realizado no concreto, entretanto ensaios são realizados devido a sua obrigatoriedade estabelecido em norma como exemplo a NBR 6118 de 2014 por questão de qualidade do concreto produzido, além do fato de que a empresa trabalha em conjunto com grande empresas do setor energético mundialmente conhecidas e que exigem um nível de qualidade envolvido nos projetos eólicos.

6.3.4 Garantia e Resultados Finais

Lidar com investimentos tão altos que chegam na casa dos U\$ 5,4 bilhões no setor eólico segundo dados da ABEEÓLICA de 2016, é preciso que o fornecedor do serviço, como em qualquer empresa, preste serviços de garantia que seu produto tenha uma longevidade e qualidade adequadas, sendo assim, as empresas do setor fornecem aos seus clientes uma garantia de um determinado tempo em que a estrutura possa ser utilizada sem preocupações com a estrutura, seguindo exigências estabelecidas por parte da empresa de cuidados de manutenção e operação. A fábrica da EÓLICABRAS que faz parte do Grupo SERVENG disponibiliza uma garantia de 20 anos na estrutura das torres. O tempo pode variar dependendo dos elementos utilizados e de cada fornecedor.

É estabelecido a critério de garantia na qualidade e na averiguação do andamento do projeto, são analisados itens como a geometria onde se confere a geométrica das peças, para que não sejam diferentes do planejado ou que saiam com defeitos construtivos, integridade das peças, defeitos de fabricação, peças incompatíveis com as especificadas em projeto, com as patologias, se existem ou não das peças após a concretagem antes de irem a campo para serem montadas entre outros fatores presentes no *checklist*.

Todas as etapas do processo construtivo podem ser acompanhadas junto ao ciclo PDCA, a fase em que se verificam os problemas construtivos se enquadra no item “C” do ciclo, o chamado *check* (verificar) onde é possível observar a análise dos resultados obtidos com a execução com o que foi planejado e, se necessário reavaliação dos planos.

Em alguns casos em que sejam constatadas irregularidades na sua integridade estrutural, trincas, bolhas de ar, imperfeições acentuadas entre outras manifestações patológicas, a peças quando não puderem ser reparadas, são descartadas para o uso, e é realizada uma nova concretagem, entretanto, havendo uma padronização de qualidade executiva após a constatação de problemas considerados comuns, é possível a redução de problemas através do item “A” do ciclo PDCA, onde através do *Act* (agir) são executadas ações corretivas sobre os processos de planejamento e execução, eliminando possíveis causas dos problemas.

Obter um controle construtivo pré-montagem é adequar-se às normas mínimas de qualidade descritas na NBR ISO 9001 (2015), e entre outras normas de qualidade, seguir critérios de exigências mínimas, estabelecidos e implementados na maioria das etapas, faz com que o resultado saia conforme o desejado.

6.3.5 Prazos

Lidar com os prazos faz parte de qualquer empresa que quer prestar um serviço eficiente e de qualidade dentro do que o cliente deseja, a empresa deve cumprir os prazos de entrega das torres e dos aerogeradores, através de datas contidas no contrato. Com isso, a empresa se responsabiliza em e entregar uma certa quantidade de aerogeradores até determinado prazo final, sendo assim, dependendo de cada contrato a empresa responsável pela construção está sujeita a penalizações em multas referentes aos atrasos.

Os Gerentes de Projetos devem estar atentos aos prazos do projeto, afinal, uma empresa que fornece seu produto dentro dos prazos adequados, constituem uma confiança de mercado, mas é claro, não apenas uma entrega adequada, mas além de tudo, uma entrega aliada a qualidade do produto ofertado.

O prazo faz parte do gerenciamento do tempo do projeto, uma das áreas de conhecimento no processo da gestão e que integram os 10 principais processos que

fazem parte do gerenciamento de integração do projeto, visto anteriormente ao longo deste trabalho.

Durante a entrevista foi questionado ao entrevistado responsável pelo controle da qualidade, quais eram as formas de gerenciamento nos prazos do projeto, segundo ele, a empresa procura seguir os critérios estabelecidos para a entrega do produto após cada etapa de produção, fazendo com que cada etapa possa ter seu ciclo de produção adequada para não haver atrasos na entrega, tal controle é feito por parte dos engenheiros da obra e de responsáveis por cada setor de construção que sempre estão presentes no local para verificar se está tudo correndo conforme o previsto.

O prazo final do projeto depende diretamente dos processos construtivos ao longo das etapas vistas durante este trabalho, sendo assim, o controle e inspeções realizadas por parte dos técnicos da qualidade são importantes para o gerenciamento dos prazos.

Na entrevista não foi mencionado nada a respeito das formas específicas da gerir os prazos por parte da empresa dispostas no Guia PMBOK (2015), ou seja, se utilizam ou não formas específicas do controle do tempo do projeto, apenas o acompanhamento dos técnicos junto aos processos de fabricação e montagem.

6.4 FERRAMENTAS E TÉCNICAS DA QUALIDADE

Ao longo do processo de estudo de caso, foi observado a utilização de ferramentas da qualidade que são dispostas em normas da ABNT como a NBR ISO 9001 (2015) e em manuais da Gestão de Projetos como o PMBOK, bem como técnicas utilizadas por gestores no mundo inteiro em diversas áreas, algumas dessas ferramentas e técnicas servem para o acompanhamento e auxílio na gestão de projetos para a aplicação da gestão da qualidade.

Existem diversas técnicas, ferramentas e áreas de conhecimento estudadas ao longo da produção deste trabalho, entretanto, dentre todas as existentes, foram apresentadas através da breve entrevista realizada nas instalações da fábrica e no parque eólico do Grupo SERVENG algumas delas:

➤ **ÁREAS DE CONHECIMENTO:**

- ✓ Gerenciamento de custos do projeto
- ✓ Gerenciamento da qualidade

- ✓ Gerenciamento das comunicações do projeto
- ✓ Gerenciamento das aquisições do projeto
- ✓ Gerenciamento das partes interessadas do projeto

As áreas de conhecimento conforme descritas no Guia PMBOOK (2015) são fundamentais para uma boa integração das partes envolvidas no projeto para um resultado final de qualidade, a participação conjunta de todos os envolvidos, bem como o acompanhamento e verificação mais presente dos gestores de projetos no projeto fazem com que a aplicação da gestão da qualidade seja um diferencial para aqueles que buscam sempre melhorar a qualidade de seus produtos.

Vale ressaltar que, os modos de gerenciamento utilizados pela empresa podem ser bem mais completos e elaborados, levando em conta a sua estrutura organizacional e com sua ampla rede de negócios, entretanto, de acordo com o que foi apresentado ao autor deste trabalho, apenas os dados descritos neste estudo, serviram para chegar nas devidas considerações sobre o uso da gestão da qualidade.

➤ **FERRAMENTAS:**

- ✓ Folha de verificação (utilizado nos *check lists* durante o controle de inspeções)
- ✓ Fluxograma (utilizado durante planejamento)
- ✓ Ciclo PDCA (utilizado em praticamente todas etapas, diretamente e indiretamente)

As técnicas utilizadas em prática são adotadas de acordo com a necessidade e com a decisão do responsável pelo controle da qualidade. Foi citado ao longo da entrevista que são realizados treinamentos da equipe para que todos possam ter uma qualificação exigida para a realização das funções estabelecidas e para que possam prestar um serviço de qualidade que a empresa necessita, além da contratação de técnicos com experiência no setor para o controle da qualidade na execução de certas etapas como inspeção, construção e montagem.

6.5 ANÁLISE DE REQUISITOS

Quadro 4: Análise final de requisitos do estudo de caso.

ITEM	NORMAS	ANÁLISE	COMENTÁRIOS
1. Preparo, Execução e Inspeção das Peças	ABNT NBR 9062 (2017); ABNT NBR 14931 (2004); ABNT NBR 7212 (2012).	Pelo fato da fábrica possuir uma produção própria de concreto, pode-se dizer que o acompanhamento do preparo e a execução são de responsabilidade do encarregado, e que são feitos todos os procedimentos necessários descritos nas normas para a realização das atividades.	Ao que foi disponível para a produção desta obra, os processos deste item se enquadram nos requisitos das normas. Valendo ressaltar que não foi visto no momento das visitas a forma de conferência do material utilizado nem a forma de verificação da resistência do concreto utilizado, de acordo com os entrevistados são realizados ensaios no material produzido.
2. Base e Fundação	ABNT NBR 6122 (2010); ABNT NBR 4783 (2004)	São projetadas de acordo com cada aerogerador e onde estão localizados, seguindo os procedimentos normativos.	De acordo com os entrevistados, na região utiliza-se três tipos de fundações, diretas, troca de solo com fundação direta e estaca raiz. O método avaliativo de resistência e qualidade das fundações não foram observados devido a estrutura já se encontrar em execução e montada, entretanto foi esclarecido que a empresa realiza testes de resistência nas fundações além de um rigoroso controle da qualidade.

ITEM	NORMAS	ANÁLISE	COMENTÁRIOS
3. Montagem	ABNT NBR 6118 (2010); ABNT NBR 9062 (2017).	Apesar de não ter presenciado a montagem, o que foi apresentado pelos funcionários é que existe um rigoroso controle na montagem, devido ao custo e ao risco envolvido na montagem das peças e com o cuidado com a segurança dos funcionários.	A empresa segue critérios estabelecidos pela ABNT em relação aos processos construtivos e de montagem e utiliza técnicas adotadas estrategicamente pela empresa para a facilidade construtiva.
4. Controle da Qualidade	ABNT NBR ISO 9001 (2015); Guia PMBOK 5° Ed.	O controle é feito diariamente pelos responsáveis, e segue requisitos da empresa, calculista e projetista, que se enquadram em parte nos processos de gestão da qualidade.	Apesar da limitação na informação dos dados fornecidos pelos funcionários, a empresa integra a gestão e o controle da qualidade no seu serviço, entretanto, não foi mostrado a forma que é realizado os testes de durabilidade e resistência do material, nem como é feito o controle de prazos do projeto mais especificamente, devido às informações mais específicas sobre o gerenciamento do projeto apenas está disponível a funcionários.

ITEM	NORMAS	ANÁLISE	COMENTÁRIOS
5. Ferramentas e Técnicas da Qualidade	ABNT NBR ISO 9001 (2015); Guia PMBOK 5° Ed.	As ferramentas e técnicas que foram observadas durante as visitas foram básicas, mas apesar de não ter havido um aprofundamento sobre o projeto, é preciso deixar claro que a empresa pode ter outras técnicas e utilizar ferramentas bem mais elaboradas, entretanto não foi disponibilizado tal informação ao autor desse trabalho.	Apesar de haverem diversas ferramentas e técnicas no mercado além das estudadas ao longo deste trabalho, apenas algumas delas foram observadas durante o estudo de caso na empresa. Apesar de ter sido observado apenas o “ <i>check list</i> ”, fluxograma e o PDCA durante a entrevista, tendo em vista a complexidade do empreendimento e o renome da empresa, deduz-se que pode haver outras técnicas e ferramentas utilizadas, mas poderia ser mais esclarecedor por parte dos entrevistados as formas de controle mais específicos ou se existe a presença ou não das técnicas e ferramentas da qualidade para uma melhor apresentação dos dados. Contudo, a empresa utiliza-se de algumas das formas de gestão da qualidade observadas nesta produção.

Fonte: Autoria própria (2018).

7 CONCLUSÃO

Tendo em vista todas as informações e dados apresentados no decorrer deste trabalho, foi possível observar o uso da gestão da qualidade na construção das torres dos aerogeradores, levando em consideração a importância do mesmo em âmbito construtivo e principalmente pelo fato de que a torre pode chegar a 25% do valor total de um aerogerador, gerando preocupação na qualidade final do produto. De fato, a gestão da qualidade na construção dessas estruturas possibilita a entrega ao cliente final um produto que possui um critério de qualidade elevado e se feito de forma correta, obtém-se uma garantia maior em relação ao produto.

Diversas são as formas de gerenciar um projeto, inúmeras técnicas e ferramentas são utilizadas por gerentes de projeto em diversos empreendimentos, no estudo em questão a aplicação da gestão foi mais “simples” do que o previsto tendo em vista a pouca informação obtida através das visitas ao local, e que a gestão mais específica do projeto se encontra na sede da empresa. Através das visitas realizadas durante o estudo de caso pôde-se constatar que a empresa possui acompanhamentos rotineiros de obra e utiliza-se de algumas técnicas e ferramentas para a gestão do projeto no complexo eólico, fazendo com que o andamento das etapas de construção e montagem possam ser executados de maneira adequada de acordo com critérios da empresa. Apesar de algumas das informações coletadas durante as entrevistas referentes ao projeto não terem sido autorizadas para a publicação, foi possível analisar que as etapas construtivas que fazem parte de todo o processo do projeto, seguem critérios de acordo com o previsto em normas (NBR's, PMBOOK e etc).

Ao longo desta produção foi possível apresentar as etapas da construção das torres dos aerogeradores, bem como um pouco do processo de gerenciamento da qualidade presente no projeto em questão. De fato, a empresa na produção das torres dos aerogeradores no Rio Grande do Norte, utiliza-se de ferramentas e técnicas de controle e gestão em seus processos construtivos além da adoção de critérios normativos, executivos e avaliativos de acordo com a experiência no ramo da construção civil que foi observado no decorrer do estudo, e que por fim foi possível chegar na conclusão de que a produção das torres de aerogeradores no estado do Rio Grande do Norte por parte da empresa estudada possui uma gestão da qualidade eficiente que vem dando resultados ao longo dos anos desde a sua implementação no estado.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

De forma geral, a gestão de projetos vem contribuindo no mercado mundial para o crescimento e melhoramento da qualidade envolvido em projetos de pequeno a grande porte.

O setor da energia eólica no Brasil vem passando por baixas de investimentos devido à recente crise econômica vivida pelo país, com isso, o motivo principal do estudo para a produção deste trabalho foi justamente avaliar se existe uma gestão da qualidade aplicada na construção dos aerogeradores e especificamente na construção e montagem das torres. No estudo em questão, foi possível avaliar de maneira superficial e limitada o processo de fabricação e construção das torres dos aerogeradores que por sua vez são feitos de concreto armado protendido, onde foi realizado visitas ao local de fabricação e montagem e com o auxílio de entrevistas com pessoas relacionadas ao projeto foi observado a presença de algumas técnicas e ferramentas usadas na gestão da qualidade no decorrer das visitas.

A qualidade atrelada ao produto oferecido está ligada diretamente na forma em que é avaliada se realmente possui ou não qualidade suficiente, sendo assim, durante as visitas não foi presenciado nenhuma forma de ensaio ou teste de qualidade ou resistência das peças pré-moldadas no local, entretanto vale ressaltar que, de acordo com o engenheiro civil entrevistado, a empresa realiza testes e ensaios no produto fabricado de acordo com as normas, mas como já foi descrito, durante as visitas ao local, devido a paralisação da fábrica não foi possível observar tais testes e ensaios além de que não se teve acesso às instalações da usina de concreto onde são realizados os testes e o controle do concreto.

A respeito das técnicas apresentadas no desenvolvimento deste trabalho, foram observados apenas de forma indireta a utilização de técnicas da qualidade como por exemplo o Ciclo PDCA e a folha de verificação ou “*check list*” essa que por sua vez foi mencionado durante a entrevista de forma direta, além da ferramenta MS Project por parte autônoma do engenheiro. Uma consideração a ser feita é que a utilização das técnicas e ferramentas mencionadas não são obrigatoriedades dentro do projeto em questão, mas servem como um auxílio para a empresa que fornece uma forma de gerir com maior qualidade os recursos e processos para um melhor resultado.

As visitas realizadas no local serviram para observar a qualidade após todos os processos, onde o produto final está em pleno funcionamento, sendo assim, mesmo que durante as entrevistas e nas visitas em campo não sendo observados os métodos avaliativos de comprovação da resistência ou da qualidade, bem como a respeito das formas de gestão da qualidade mais aprofundadas por parte da empresa, caracteriza-se o resultado final deste estudo o uso satisfatório da gestão tendo em vista o que foi apresentado ao autor deste trabalho por parte dos entrevistados e pelo que foi visto em campo ficando apenas ineficiente por parte da empresa a prestação de resultados mais aprofundados a respeito do projeto nos quesitos apontados anteriormente.

Por fim, o estudo em campo aliado à extensa pesquisa bibliográfica permitiu a apresentação e estruturação de conteúdos referentes a forma de gestão da qualidade e como são os processos de fabricação das torres de aerogeradores no Rio Grande do Norte, possibilitando sugestão para produções futuras a respeito do assunto abordado dando possibilidade a comparação entre a aplicação da gestão da qualidade além da não aplicação da gestão no projeto, comparando resultados e expondo em forma de números a real diferença entre a implantação ou falta dela aliado a participação maior da empresa para tal estudo futuro.

REFERÊNCIAS

ABDI. **Mapeamento da Cadeia Produtivo da Indústria Eólica no Brasil**. Brasília: G3 Comunicação, 2014. 152 p. Disponível em: <[http://www.abdi.com.br/Estudo_Backup/Mapeamento da Cadeia Produtiva da Indústria Eólica no Brasil.pdf](http://www.abdi.com.br/Estudo_Backup/Mapeamento_da_Cadeia_Produtiva_da_Industria_Eolica_no_Brasil.pdf)>. Acesso em: 31 out. 2017.

ABEEOLICA. **Boletim Anual de Geração Eólica 2016**. 2016. Disponível em: <http://www.abeeolica.org.br/wp-content/uploads/2017/05/424_Boletim_Anual_de_Geracao_Eolica_2016_Alta.pdf>. Acesso em: 28 out. 2017.

ABEEOLICA. **Boletim Anual de Geração Eólica 2017**. 2017. Disponível em: <<http://abeeolica.org.br/wp-content/uploads/2018/04/Boletim-Anual-de-Geracao-2017.pdf>> Acesso em: 07 jul. 2018.

ABEEÓLICA (Brasil). **Dados Mensais**. São Paulo: Diretoria Técnica, 2017. 9 p. Disponível em: <<http://www.abeeolica.org.br/wp-content/uploads/2017/08/Dados-Mensais-ABEEolica-08.2017.pdf>>. Acesso em: 13 set. 2017.

ABEEOLICA. **Dados Mensais - Fevereiro 2018**. São Paulo: Abeoolica, 2018. Disponível em: <<http://www.abeeolica.org.br/wp-content/uploads/2018/02/Dados-Mensais-ABEEolica-02.2018.pdf>>. Acesso em: 01 abr. 2018.

ABEEÓLICA (Brasil). **Energia Eólica – O setor**. 2017. Disponível em: <<http://www.abeeolica.org.br/energia-eolica-o-setor/>>. Acesso em: 18 out. 2017.

ABRADEE (Brasil). **Leilões de Energia**. 2017. Disponível em: <<http://www.abradee.com.br/setor-eletrico/leiloes-de-energia>>. Acesso em: 19 out. 2017.

ANEEL. **Energia Eólica**. 2010. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/energia_eolica/6_6_1.htm>. Acesso em: 05 out. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO 9001: Sistemas da Gestão de Qualidade - Requisitos**. 3º ed. Rio de Janeiro: Abnt, 2015. 44 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6122: Projeto e Execução de Fundações**. Rio de Janeiro: Moderna, 2010. 103 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7212: Execução de concreto dosado em central - Procedimento**. 2 ed. Rio de Janeiro: Moderna, 2012. Disponível em: <<http://www.construpac.com.br/pdf/NBR12655.pdf>>. Acesso em: 26 mar. 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 4783: Cordoalhas de aço para concreto protendido – Requisitos**. Rio de Janeiro: Moderna, 2004. Disponível em: <<https://www.passeidireto.com/arquivo/6004904/nbr-7483---cordoalhas-de-aço-para-concreto-protendido>>. Acesso em: 02 maio 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12655: Concreto de cimento portland - Preparo, controle e recebimento**. 1 ed. Rio de Janeiro: Moderna, 2006. Disponível em: <<http://www.construpac.com.br/pdf/NBR12655.pdf>>. Acesso em: 26 mar. 2018.

BASTOS, Marcelo. **Matriz GUT: Do conceito à prática**. 2014. Disponível em: <<http://www.portal-administracao.com/2014/01/matriz-gut-conceito-e-aplicacao.html>>. Acesso em: 12 nov. 2017.

BEZERRA, Filipe. **Ciclo PDCA: Do conceito à aplicação**. 2015. Disponível em: <<http://www.portal-administracao.com/2014/08/ciclo-pdca-conceito-e-aplicacao.html>>. Acesso em: 24 out. 2017.

BUILDER, Project. **Ciclo PDCA: uma ferramenta imprescindível ao gerente de projetos!** 2017. Disponível em: <<https://www.projectbuilder.com.br/blog-pb/entry/blog-gestao-de-projetos/ciclo-pdca-uma-ferramenta-imprescindivel-ao-gerente-de-projetos>>. Acesso em: 24 out. 2017.

BRAMETAL. **SUORTE PARA AEROGERADORES**. Disponível em: <<http://www.brametal.com.br/produto/3/>>. Acesso em: 09 mar. 2018.

BRANCA, Canal Areia. **Governadora ao lado da prefeita Luana Bruno inauguram fabrica que emprega 400 pessoas em Areia Branca**. Disponível em: <<http://www.canalareiabranca.com.br/2014/05/governadora-ao-lado-da-prefeita-luana.html>>. Acesso em: 08 mar. 2018.

BRASIL. ANP. **Biocombustíveis**. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/wwwanp/biocombustiveis>>. Acesso em: 16 out. 2017.

BRASIL. CERNE. **Conselho Mundial de Energia prevê que capacidade instalada de energia eólica no mundo pode chegar a 800 GW até 2021**. 2017. Disponível em: <<https://www.ambienteenergia.com.br/index.php/2017/05/conselho-mundial-de-energia-preve-que-capacidade-instalada-de-energia-eolica-mundo-pode-chegar-800-gw-ate-2021/31597>>. Acesso em: 13 out. 2017.

BRASIL. MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **O Proinfa**. 2017. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/programas/proinfa/>>. Acesso em: 18 out. 2017.

BRASIL, Solar. **Energia Solar Fotovoltaica – Conceitos**: Disponível em: <<http://www.solarbrasil.com.br/blog-da-energia-solar/77-energia-solar-fotovoltaica-conceitos>>. Acesso em: 16 out. 2017.

CAMPOS, Vicente Falconi. **TQC: Controle da Qualidade Total (no estilo japonês)**. 8. ed. Belo Horizonte: Bloch Editora, 2004.

CAMPOS, V. F. **Controle da qualidade total (no estilo japonês)**. Nova Lima - MG. INDG Tecnologia e Serviços Ltda, 2004.

CARLOS, Antônio. **Escola Engenharia > Fundações e Geotecnia > Estaca Raiz: Características, Processo Executivo, Vantagens e Desvantagens Estaca Raiz: Características, Processo Executivo, Vantagens e Desvantagens**. Disponível em: <<https://www.escolaengenharia.com.br/estaca-raiz/>>. Acesso em: 26 jun. 2018.

CERNE. **Energia eólica já atinge 10 mil MW capacidade instalada no Brasil**. 2016. Disponível em: <<http://cerne.org.br/energia-eolica-ja-atinge-10-mil-mw-capacidade-instalada-no-brasil/>>. Acesso em: 28 out. 2017.

CUNHA, Ana; FONSECA, Cátia; TEIXEIRA, Céline. **Fontes de Energia na ESDAH**. Disponível em: <<http://fontesdeenergianaesdah.blogspot.com.br/2010/05/materia-organica-em-decomposicao.html>>. Acesso em: 16 out. 2017.

CUSTÓDIO R. **Energia Eólica**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Synergia, 2013.

CRESESB (Brasil). **ENERGIA EÓLICA PRINCÍPIOS E TECNOLOGIAS**. 2008. Disponível em: <<https://www.portal-energia.com/downloads/energia-eolica-principios-tecnologias.pdf>>. Acesso em: 13 out. 2017.

CRESESB. **História da energia eólica e suas utilizações**. Disponível em: <<https://pedesenvolvimento.com/2009/07/15/historia-da-energia-eolica-e-suas-utilizacoes/>>. Acesso em: 06 nov. 2017

DIGITAL, Olhar. **Saiba como o etanol fez do Brasil um líder de tecnologia.** Disponível em: <<https://olhardigital.com.br/pro/noticia/saiba-como-o-etanol-fez-do-brasil-um-lider-de-tecnologia/60231>>. Acesso em: 16 out. 2017.

DUTRA, Ricardo Marques. **Energia Eólica - Princípios e Tecnologias.** Disponível em: <<https://www.portal-energia.com/downloads/energia-eolica-principios-tecnologias.pdf>>. Acesso em: 02 out. 2017.

E-CIVIL. **Fundação Direta.** Disponível em: <<https://www.ecivilnet.com/dicionario/o-que-e-fundacao-direta.html>>. Acesso em: 26 jun. 2018.

ENGENHARIA, Sete. **PROVA DE CARGA DINÂMICA - ENSAIO DE CARREGAMENTO DINÂMICO.** Disponível em: <<http://sete.eng.br/prova-de-carga-dinamica-ensaio-de-carregamento-dinamico-37834-servico-37835>>. Acesso em: 17 jun. 2018.

ENERGIA, Arquitectura y. **Energía mareomotriz en Brasil.** Disponível em: <<http://www.arquitecturayenergia.cl/cl/energia-mareomotriz-en-brasil/>>. Acesso em: 12 nov. 2017.

ENERGIA, Ambiente. **PL estimula geração de energia eólica através de isenção de impostos nos equipamentos.** Disponível em: <<https://www.ambienteenergia.com.br/index.php/2014/11/pl-estimula-geracao-de-energia-eolica-atraves-de-isencao-de-impostos-nos-equipamentos/24946>>. Acesso em: 15 nov. 2017.

ECYCLE. **O que é energia hidráulica? Entenda como as hidrelétricas transformam a energia da água em eletricidade.** 2016. Disponível em: <<https://www.ecycle.com.br/component/content/article/69-energia/2906--o-que-e-energia-hidraulica-usina-hidreletricas-agua-eletrica-emissao-libera-metano-dioxido-de-carbono-barragem-reservatorio.html>>. Acesso em: 16 out. 2017.

FEIGENBAUM, A.V.; **Controle da qualidade total – gestão e sistemas.** São Paulo: Ed. Makron Books, 1994.

FRAGA, S. V. **A qualidade na construção civil: uma breve revisão bibliográfica do tema e a implementação da iso 9001 em construtoras de belo horizonte.** Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Construção Civil da Escola de Engenharia, UFMG, Belo Horizonte – MG, 2011.

FRANCISCO, Wagner de Cerqueira e. **Energia das Marés**. Disponível em: <<http://brasilecola.uol.com.br/geografia/energia-das-mares.htm>>. Acesso em: 16 out. 2017.

FRANÇA, Leovando Galvão de. **Ferramentas de Gestão: Plano de Ação 5W1H**. Disponível em: <<http://negociosecarreiras.com.br/ferramentas-de-gestao-plano-de-acao-5w1h/>>. Acesso em: 07 set. 2017.

FRIED, Lauha. **Global Wind Statistics**. Brussels: Global Wind Council, 2013. 4 p. Disponível em: <http://www.gwec.net/wp-content/uploads/2013/02/GWEC-PRstats-2012_english.pdf>. Acesso em: 13 ago. 2017.

GWEC. **Global Wind 2016 Report**. Brussels: Vaisala, 2016. 76 p. Disponível em: <http://www.indianwindpower.com/pdf/GWEC_Global_Wind_2016_Report.pdf>. Acesso em: 07 nov. 2017.

GWEC. **GLOBAL WIND STATISTICS 2017**. Brussels: Gwec, 2018. Disponível em: <http://gwec.net/wp-content/uploads/vip/GWEC_PRstats2017_EN-003_FINAL.pdf>. Acesso em: 13 abr. 2018.

GWEC (Brussels). **GLOBAL WIND REPORT**. 2015. Disponível em: <http://www.gwec.net/wp-content/uploads/vip/GWEC-Global-Wind-Report_2016.pdf>. Acesso em: 18 out. 2017.

HORIZONTE, Janela do. **5 Usinas Hidrelétricas da bacia do Rio Uruguai**. Disponível em: <<http://www.janeladohorizonte.com.br/2014/11/5-usinas-hidreletricas-da-bacia-do-rio.html>>. Acesso em: 15 nov. 2017.

ITN GROUP (Siberian). **BIO-GAS PLANT**. 2009. Disponível em: <<http://www.itn.rs/index.php?ddlink=71&sublink=27&link=6&language=eng>>. Acesso em: 13 out. 2017.

INSIDER, Business. **The First Power Generating Wind Turbine Was This 60-Foot Monster**. Disponível em: <<http://www.businessinsider.com/first-wind-turbine-1887-2014-3>>. Acesso em: 20 set. 2017.

LOPES, José Zulmar. **Interessado em trabalhar em energia eólica? Conheça um parque**. Disponível em: <<https://pt.linkedin.com/pulse/tudo-que-você-queria-saber-sobre-energia-eólica-e-j-z-lopes>>. Acesso em: 19 jul. 2017.

LOURENÇO, L.; MAINARDES, E. W.; TONTINI, G. **Percepções dos conceitos de qualidade e gestão pela qualidade total: estudo de caso na universidade**. Revista Gestão.Org – 8 (2): 279-297 – Mai/Ago 2010.

LONGO, R. M. J. **Gestão da Qualidade: Evolução Histórica, Conceitos Básicos e Aplicação na Educação**. Texto para discussão nº 397. IPEA. Brasília: 1996.

MARQUES, Felipe Castro Pereira; SANTOS, Fernando Nóbrega dos. **Histórico da energia dos ventos**. Disponível em: <<https://evolucaoenergiaeolica.wordpress.com/historico-da-energia-dos-ventos/>>. Acesso em: 07 set. 2017.

MENDES, Lígia; COSTA, Marta; PEDREIRA, Maria João. **A ENERGIA EÓLICA E O AMBIENTE**. Brasília: Instituto do Ambiente, 2002. 67 p.
MONTGOMERY, D.C. **Introdução ao Controle Estatístico da Qualidade**. Rio de Janeiro: LTC Editora, 4ª Edição, 2004.

NEAIME, Fernando. **Os benefícios do gerenciamento de obras**. Disponível em: <<http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=12&Cod=1629>>. Acesso em: 16 dez. 2017.

NOTÍCIAS, Novo. **Energia eólica gera 3 mil empregos por ano no Rio Grande do Norte**. 2017. Disponível em: <<https://www.novonoticias.com/economia/energia-eolica-gera-3-mil-empregos-por-ano-no-rio-grande-do-norte>>. Acesso em: 19 out. 2017.

OLIVEIRA, Otávio J. (org.). **Gestão da Qualidade: Tópicos Avançados**. São Paulo: Pioneira, 2004.

ORIBE, Claudemir. **Descrição e Análise Detalhada do MASP**. 2013. Disponível em: <<http://www.qualypro.com.br/adminqualypro/upload/arquivo?nome=71.pdf&dir=pdf>>. Acesso em: 11 nov. 2017.

PANIZZI, Fabiano. **Fotos da Construção do Parque Eólico**. 2012. Disponível em: <<http://www.fabianopanizzi.com/fotografo/fotos-da-construcao-do-parque-eolico/>>. Acesso em: 02 out. 2017.

PENA, Rodolfo F. Alves. **Fontes de Energia do Brasil**. 2015. Disponível em: <<http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/geografia/fontes-energia-brasil.htm>>. Acesso em: 16 out. 2017.

PENA, Rodolfo Alves. **Fontes de Energia**. Disponível em: <<http://brasilescola.uol.com.br/geografia/fontes-energia.htm>>. Acesso em: 06 nov. 2017.

PINTO, Milton de Oliveira. **Fundamentos de Energia Eólica**. Rio Grande do Norte: Ltc, 2013. 368 p.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE (Pennsylvania). **UM GUIA DO CONHECIMENTO EM GERENCIAMENTO DE PROJETOS**. 5. ed. Newtown Square: Project Management Institute, Inc., 2013. 595 p.

PUTTI, Maicon. **Ferramentas da Qualidade: Fluxograma – Aplicação que gera ganhos**. 2013. Disponível em: <<http://www.blogdaqualidade.com.br/ferramentas-da-qualidade-fluxograma-aplicacao-que-gera-ganhos/>>. Acesso em: 12 nov. 2017.

PUTTI, Maicon. **Ferramentas da Qualidade: Fluxograma – Aplicação que gera ganhos**. Disponível em: <<http://www.blogdaqualidade.com.br/ferramentas-da-qualidade-fluxograma-aplicacao-que-gera-ganhos/>>. Acesso em: 07 set. 2017.

REIS, Caio Almeida Arêas. **A IMPORTÂNCIA DO ESCRITÓRIO DE PROJETOS NO GERENCIAMENTO DE PROJETOS: UM ESTUDO DE CASO NA MRS LOGÍSTICA S.A.** 2011. 61 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2011. Disponível em: <http://www.ufjf.br/ep/files/2014/07/2011_3_Caio.pdf>. Acesso em: 23 out. 2017.

REIS, Daniele; PAIÃO, Patrícia; SOARES, Simone. **Análise de Uma Implantação da ISO 9001: Um Estudo de Caso em um Laboratório de Análises Industriais**. 2014. 20 f. TCC (Graduação) - Curso de Administração, Faculdades Integradas Teresa D'Ávila, Lorena, 2014. Cap. 2. Disponível em: <<https://www.slideshare.net/andreavesprado/tcc-qualidade-implantao-iso-9001>>. Acesso em: 12 nov. 2017.

ROCHA, E. C.; GOMES, S. H. A. **Gestão da qualidade em unidades da informação**. Ci. Inf., Brasília, 22(2): 142-152, maio/ago. 1993.

ROSSONI, Fábio. **ESTUDO DA VIABILIDADE TÉCNICA PARA IMPLANTAÇÃO DE PARQUE EÓLICO NA MICROREGIÃO SUDOESTE DO PARANÁ E OESTE DE SANTA CATARINA**. 2013. 57 f. Tcc (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2013. Cap. 1. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/5641/1/PB_COELT_2013_1_02.pdf>. Acesso em: 13 set. 2017.

SEBRAE. **MANUAL DE FERRAMENTAS DA QUALIDADE**. Disponível em: <<http://www.fcap.adm.br/wp-content/uploads/2015/10/FerramentasDaQualidadeSEBRAE.pdf>>. Acesso em: 02 set. 2017.

SERVENG. **HISTÓRICO** SERVENG. 2018. Disponível em: <<http://www.gruposerveng.com.br/historico>>. Acesso em: 24 fev. 2018.

SEERN. **Bons Ventos Impulsionam Eólicas no RN**. 2016. Disponível em: <<http://seern.com.br/bons-ventos-impulsionam-eolicas-no-rn/>>. Acesso em: 28 out. 2017.

SILVA, Thalissa Ribeiro da; SOUZA, Ana Luiza Lima de. **GESTÃO DA QUALIDADE COMO ESTRATÉGIA DE COMPETITIVIDADE: CASO DA BAIXADA FLUMINENSE**. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2014_TN_WIC_195_101_25104.pdf>. Acesso em: 05 set. 2017.

SOTREQ, Grupo. **Máquinas Cat® atuam na construção de parques eólicos**. Disponível em: <http://www.gruposotreq.com.br/elo/categoria-editoriais/energia_dos_ventos>. Acesso em: 02 out. 2018.

SOLAR, Frizon Energia. **O que é Energia Solar Fotovoltaica?** Disponível em: <<http://frizonsolucoes.com.br/energia-solar-fotovoltaica/>>. Acesso em: 12 nov. 2017.

TEGOPI. **TORRES EÓLICAS**. Disponível em: <<http://www1.tegopi.pt/torres-eolicas/>>. Acesso em: 09 mar. 2018.

TIGRE-ADS. **Tigre-ADS presente em grandes obras do complexo eólico brasileiro**. Disponível em: <<http://gmconstrucoes.com.br/portfolio-type/parque-eolico-lanchinha/>>. Acesso em: 02 maio 2018.

VARGAS, R. **GERENCIAMENTO DE PROJETOS – ESTABELECENDO DIFERENCIAIS COMPETITIVOS**. 7ª ed. Rio de Janeiro: Brasport, 2009.

APÊNDICE

Apêndice 01 – Roteiro de questões utilizadas na entrevista.

- 1) Baseado na sua experiência, quais os passos iniciais para a negociação da construção de um parque eólico?
- 2) Existe algum documento com todos os principais requisitos de projeto?
- 3) Quais são as etapas da construção de um parque eólico/Torres?
- 4) Como é feito o controle das atividades da construção das torres?
- 5) Quando são planejadas as atividades?
- 6) Existe um cronograma?
- 7) Qual a frequência das reuniões de projetos?
- 8) Como ocorre a comunicação entre a equipe de projeto?
- 9) Como é feito o controle da qualidade da construção/ fabricação das torres?
- 10) Os prazos são cumpridos de acordo com o planejado?
- 11) É feita alguma auditoria de qualidade durante e após o término da construção/fabricação?
- 12) Quais as garantias a empresa dão após a entrega do produto?
- 13) Em relação aos custos? Como é feita a gestão?
- 14) Existe algum processo frontal de controle de custos?

- 15) Algum método de gerenciamento de projeto é usado?
- 16) Esse processo é documentado e divulgado entre os envolvidos no projeto?
- 17) É utilizado algum software para o gerenciamento ou fabricação das torres?
- 18) Quais os principais indicadores de desempenho para a construção das torres?
- 19) Quais ferramentas/técnicas de gerenciamento de projetos que utilizam?