



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA

DERIO CONCEIÇÃO SOARES FILHO

ANÁLISE DA EXECUÇÃO DE PROJETO DE MONTAGEM DE TURBINAS
EÓLICAS

FORTALEZA

2017

DERIO CONCEIÇÃO SOARES FILHO

ANÁLISE DA EXECUÇÃO DE PROJETO DE MONTAGEM DE TURBINAS
EÓLICAS

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Mecânica do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal do Ceará como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Me. Alysson Andrade Amorim

FORTALEZA

2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

S653a Soares Filho, Dário Conceição.
Análise da execução de projeto de montagem de turbinas eólicas / Dário Conceição Soares Filho. – 2017.
86 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia,
Curso de Engenharia Mecânica, Fortaleza, 2017.
Orientação: Prof. Me. Alysson Andrade Amorim.

1. Energia eólica. 2. Turbina eólica. 3. Gerenciamento de projetos. I. Título.

CDD 620.1

DERIO CONCEIÇÃO SOARES FILHO

ANÁLISE DA EXECUÇÃO DE PROJETO DE MONTAGEM DE TURBINAS
EÓLICAS

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Mecânica do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal do Ceará como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Aprovada em ___/___/_____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Me. Alysson Andrade Amorim (Orientador)
Universidade Federal do Ceará(UFC)

Profa. Dra.
Universidade Federal do Ceará(UFC)

Prof. Me.
Universidade Federal do Ceará(UFC)

A Deus.
Aos meus pais, D^oio e Na^ode.

AGRADECIMENTOS

ã minha família e, especialmente, ao meu bem, pelo incentivo e ânimo nos momentos difíceis.

RESUMO

A geração eólica vem apresentando expressivos crescimentos desde 2011 na matriz de energia elétrica brasileira. Entre 2014 e 2015, cresceu 77,1 %, com cerca de 21,6 TWh de energia gerada, atingindo 3,5 % da matriz elétrica. Além de se apresentar como um valioso vetor para o mercado de serviços, para a indústria e para o desenvolvimento da infraestrutura em geral do País. A montagem das turbinas, como parte do processo de implantação do parque eólico, é uma atividade complexa que requer um rigoroso planejamento de execução, visando, principalmente, atender aos requisitos de viabilidade com relação ao escopo, ao tempo e ao custo. Nessa realidade, o gerenciamento de projetos sob a ótica PMBOK, emerge como um dos meios para se atingir os resultados esperados pelas empresas do setor. Onde as maiores dificuldades, no cumprimento dos prazos de execução do projeto, estão relacionados ao transporte das partes da turbina, entre a fábrica até o local de montagem, e a execução da montagem eletromecânica, considerando, principalmente, a operação com guindastes. Neste contexto, este estudo tem como objetivo geral analisar os desvios da execução considerando o planejamento do projeto de montagem de turbinas eólicas. A metodologia utilizada compreende uma pesquisa exploratória, descritiva, documental e bibliográfica, caracterizando-se como um estudo de caso, planejada e realizada em sete etapas, o que inclui: identificação e estruturação do problema; seleção do projeto de montagem; caracterização do projeto selecionado; pesquisa de campo; estimativa dos custos de montagem das turbinas eólicas; análise do controle da qualidade; e, análise dos resultados. A pesquisa delimitou para o estudo, os seguintes processos (pacotes de serviços): o transporte das partes da turbina eólica; a montagem da torre T1, T2 (LTM 1500); e, a montagem do T3, nacelle e rotor (LR 1600). Os resultados indicaram que somente o transporte conseguiu cumprir os prazos previamente estabelecidos no planejamento do projeto. No geral, o projeto teve um incremento de tempo, com 4 (quatro) semanas de atraso, cerca de 60% de aumento no tempo planejado para execução. Com relação ao custo, foi verificado que a principal perda foi em relação ao faturamento previsto, caso as turbinas eólicas tivessem entrado em operação comercial na data prevista, o que representou valores da ordem de R\$ 1.806.000,00 (Um milhão e oitocentos e seis mil reais), além dos custos de qualidade, que foram absorvidos pelas questões contratuais dos serviços, de modo que não puderam ser mensurados na conta das perdas de faturamento.

Palavras-chave: Energia eólica. Turbina eólica. Gerenciamento de projetos.

ABSTRACT

The wind generation has been showing significant growth since 2011 in the Brazilian electric power matrix. Between 2014 and 2015, it grew 77.1%, with about 21.6 TWh of energy generated, reaching 3.5% of the electric matrix. In addition to presenting itself as a valuable vector for the services market, industry and the development of the country's general infrastructure. The assembly of the turbines, as part of the wind farm implementation process, is a complex activity that requires a Rigorous execution planning, mainly to meet the feasibility requirements with regard to scope, time and cost. In this reality, project management under the PMBOK perspective emerges as one of the means to achieve the results expected by the companies in the sector. Where the greatest difficulties in complying with the project execution times are related to the transportation of the turbine parts, from the plant to the assembly site, and the execution of the electromechanical assembly, mainly considering the operation with cranes. In this context, this study has as general objective to analyze the deviations of the execution considering the planning of the wind turbine assembly project. The methodology used includes an exploratory, descriptive, documentary and bibliographic research, characterizing itself as a case study, planned and carried out in seven stages, which includes: identification and structuring of the problem; Selection of assembly design; Characterization of the selected project; field research; Estimation of wind turbine assembly costs; Quality control analysis; And, analysis of results. The research delimited for the study, the following processes (packages of services): the transport of the parts of the wind turbine; The tower T1, T2 (LTM 1500) assembly; And, the assembly of T3, nacelle and rotor (LR 1600). The results indicated that only transportation was able to meet the pre-established deadlines in project planning. Overall, the project had an increment of time, with 4 (four) weeks of delay, about 60% increase in the time planned for execution. Regarding the cost, it was verified that the main loss was in relation to the expected revenue, if the wind turbines had entered commercial operation on the expected date, which represented values in the order of R\$1,806,000.00 (One million and eight hundred And six thousand reais), in addition to the quality costs, which were absorbed by the contractual issues of the services, so that they could not be measured in the billing losses account.

Keywords: Wind energy. Wind turbine. Project management.

SUMÉRIO

1 INTRODUÇÃO	9
1.1 Contextualização.....	9
1.2 Objetivos.....	10
1.2.1 Objetivo Geral	10
1.2.2 Objetivos Específicos	10
1.3 Justificativa	11
1.4 Metodologia.....	12
1.5 Estrutura do Trabalho.....	14
2 REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1 Energia Eólica.....	16
2.1.1 Geração Eólica no Brasil	19
2.1.2 Regulação da Geração Eólica no Brasil.....	21
2.1.3 Leilões de Energia Elétrica.....	22
2.1.4 O setor elétrico Brasileiro.....	23
2.2 Gerenciamento de Projetos.....	25
2.2.1 Gerenciamento do Escopo do Projeto	28
2.2.2 Gerenciamento do Tempo do Projeto.....	31
2.2.3 Gerenciamento dos Custos do Projeto.....	38
2.2.4 Gerenciamento da Qualidade do Projeto.....	41
3 ESTUDO DE CASO	51
3.1 Caracterização da Empresa.....	51
3.2 Caracterização do processo produtivo da empresa.....	54
3.2.1 Obras civis (inclusive fundações).....	55
3.2.2 Transporte (inclusive operações com guindastes)	57
3.2.3 Montagem eletromecânica das turbinas eólicas	59
3.2.4 Comissionamento e início de operação da turbina eólica.....	60
3.3 Etapas do Estudo de Caso.....	62
3.3.1 Identificação e estruturação do problema.....	62
3.3.2 Seleção do projeto de montagem.....	63
3.3.3 Caracterização do projeto selecionado	64
3.3.4 Pesquisa de campo.....	69

3.3.5 Estimativa dos custos de montagem das turbinas eólicas.....	70
3.3.6 Análise do controle da qualidade.....	73
3.3.7 Análise dos Resultados.....	74
3.4 Desenvolvimento do Estudo de Caso	74
3.4.1 Identificação e estruturação do problema.....	75
3.4.2 Seleção do projeto de montagem.....	75
3.4.3 Caracterização do projeto selecionado	76
3.4.4 Pesquisa de campo.....	80
3.4.5 Estimativa dos custos de montagem das turbinas eólicas.....	81
3.4.6 Análise do controle da qualidade.....	82
3.4.7 Análise dos resultados	83
3.5 Considerações finais	84
4 CONCLUSÃO.....	85
REFERÊNCIAS.....	86

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

O Brasil é considerado um dos grandes potenciais de energia eólica do mundo, com cerca de 143 GW. Entre 2014 e 2015, cresceu 77,1 % com cerca de 21,6 TWh de energia gerada, atingindo 3,7 % da matriz elétrica. Além de se apresentar como um valioso vetor para o mercado de serviços, para a indústria e para o desenvolvimento da infraestrutura em geral, a energia eólica faz bem para o sistema elétrico brasileiro. É considerada como um recurso complementar ao sistema hidrelétrico, devido as características de sazonalidade das chuvas, quando comparadas com as dos ventos, não se sobrepõem. No período em que os níveis dos reservatórios de água baixam, exatamente, na época de maior incidência de ventos no Brasil.

A importância da energia eólica para a matriz de energia elétrica brasileira, principalmente, devido a realização periódica de leilões de compra de energia no Ambiente de Contratação Regulada (ACR), a cada ano fica mais representativa (EPE, 2016).

A tabela 1 mostra a evolução da geração da energia eólica no período de 2011 a 2015. O crescimento expressivo em 2015 com relação a 2014, se deu, principalmente, devido ao acúmulo de empreendimentos já construídos no ano anterior, mas que aguardavam conexão no SIN por falta de conclusão de algumas das partes do projeto, como as Linhas de Transmissão, por exemplo.

Tabela 1 - Geração elétrica por fonte no Brasil (GWh)

	2011	2012	2013	2014	2015	Δ% (2015/2014)	Part. % (2015)	Total
Total	531.758	552.498	570.835	590.542	581.486	-1,5	100	Total
Gás Natural	25.095	46.760	69.003	81.073	79.490	-2,0	13,7	Natural Gas
Hidráulica (i)	428.333	415.342	390.992	373.439	359.743	-3,7	61,9	Hydraulics (i)
Derivados de Petr. (ii)	12.239	16.214	22.090	31.529	25.662	-18,6	4,4	Petroleum products (ii)
Carvão	6.485	8.422	14.801	18.385	19.096	3,9	3,3	Coal
Nuclear	15.659	16.038	15.450	15.378	14.734	-4,2	2,5	Nuclear
Biomassa (iii)	31.633	34.662	39.679	44.987	47.394	5,4	8,2	Biomass (iii)
Eólica	2.705	5.050	6.578	12.210	21.626	77,1	3,7	Wind
Outras (iv)	9.609	10.010	12.241	13.590	13.741	1,1	2,4	Other (iv)

Notas:
 i) Inclui autoprodução
 ii) Derivados de petróleo: óleo diesel e óleo combustível
 iii) Biomassa: lenha, bagaço de cana e lúvia
 iv) Outras: gás de coque, outras secundárias, outras não renováveis, outras renováveis (solar)

Fonte: EPE (2016).

A montagem das turbinas eólicas é o principal evento na implantação de um projeto eólico. Entretanto, montar turbina eólica no Brasil não é um processo de baixa complexidade. Devido a ter que transportar por longas distâncias, para locais de difícil acesso, e, muitas vezes, sob condições ambientais restritas. O risco de desvios de execução, quando comparado com o planejado, são condições prováveis quando as estimativas para a construção do cronograma executivo não estão fundamentadas numa exaustiva e profunda análise das especificações técnicas do projeto.

Nessa realidade, o gerenciamento do projeto com foco no PMBOK emerge como um dos meios para se atingir os resultados esperados pela maioria das organizações, que é a conclusão da montagem das turbinas no tempo planejado, sem desvios nos custos.

Segundo o PMBOK (2013), as características e circunstâncias específicas do projeto podem influenciar as restrições nas quais a equipe de gerenciamento do projeto precisa se concentrar. Estes fatores estão relacionados de tal forma que se algum deles mudar, pelo menos um outro fator provavelmente será afetado.

Neste contexto, destaca-se a empresa onde será aplicado o presente estudo, um parque eólico com 15 turbinas montadas em 2014, localizado em Pindaó, no Estado da Bahia, que teve atrasos nos tempos de execução da montagem das turbinas eólicas. Então, surge o questionamento: será que a utilização do método de gerenciamento de projetos, segundo PMBOK, é um recurso eficaz na solução dos problemas que podem afetar na execução dos projetos de montagem de turbinas eólicas?

1.2 Objetivos

Para realização da pesquisa, foram estabelecidos objetivos geral e específicos.

1.2.1 Objetivo Geral

Analisar os desvios da execução considerando o planejamento do projeto de montagem de turbinas eólicas.

1.2.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos deste trabalho são:

é Descrever as práticas de gerenciamento de projetos utilizados na montagem de turbinas eólicas;

é Levantar informações da fase de planejamento e do projeto de montagem de turbinas eólicas.

é Identificar as causas dos desvios observados entre o planejado e o executado na montagem das turbinas eólicas;

é Recomendar boas práticas que possam contribuir para melhorar a eficácia da execução da montagem de turbinas eólicas, considerando o planejamento do projeto.

1.3 Justificativa

A demanda para montar turbinas eólicas no Brasil é cada vez mais crescente. A maioria das empresas especializadas são de origem estrangeiras, motivadas pela experiência pioneira na Europa e nos Estados Unidos. Entretanto, geograficamente, o Brasil é um país continental. As partes das turbinas precisam ser transportadas a grandes distâncias; a construção da infraestrutura civil dos parques eólicos é um processo com muitas variáveis, na maioria das vezes, ou são construídos sobre dunas, ou são construídos sobre montanhas, no interior do País; e a disponibilidade de recursos, como, ferramental e mão de obra especializados, não é comum na maioria das regiões onde são implantados os parques eólicos.

A maioria das turbinas eólicas, disponíveis para aquisição no mercado, possuem requisitos de desempenho de geração de energia elétrica muito bem definidos. Os procedimentos de transporte, de montagem, e de operação e manutenção são documentados em check list e instruções de trabalho. As empresas organizam suas equipes de trabalho de acordo com os grupos de serviços definidos na EAP do projeto, em função do escopo. E o gerenciamento do projeto, é planejado e controlado de acordo com o cronograma de implantação do parque eólico, definido pela empresa responsável.

Os requisitos de controle da turbina eólica são definidos pelo fabricante, são usados pela equipe de gerenciamento do projeto como premissas na definição do planejamento. Entretanto, não é raro registrar atrasos nos tempos de execução de projetos de montagem de turbinas eólicas.

O que motivou a realização deste trabalho foram as dificuldades, observadas, para garantir os requisitos tempo e custos do projeto, na montagem de turbinas eólicas. Considerando, principalmente, os processos de transporte e operações com guindastes.

1.4 Metodologia

De acordo com MARCONI & LAKATOS (2002), a pesquisa sempre parte de um tipo de problema, de uma interrogação. Dessa maneira, ela vai responder às necessidades de conhecimento de certo problema ou fenômeno. Varias hipóteses são levantadas e a pesquisa pode invalidá-las ou confirmá-las. O investigador, baseado em conhecimentos teóricos anteriores, planeja cuidadosamente o método a ser utilizado, formula o problema e hipóteses, registra sistematicamente os dados e os analisa com a maior exatidão possível. Para efetuar a coleta de dados, utiliza equipamentos adequados, emprega todos os meios mecânicos possíveis, a fim de obter maior exatidão na observação, no registro e na comprovação de dados.

Ainda, de acordo com MARCONI & LAKATOS (2002), os critérios para classificação dos tipos de pesquisa variam de acordo com o enfoque dado pelo autor. A divisão obedece a interesses, condições, campos, metodologia, situações, objetivos, objetos de estudo, etc.

Para GIL (2008), os tipos de pesquisa podem ser classificados em dois grandes grupos: quanto aos objetivos e quanto procedimentos técnicos.

Quanto aos objetivos, pode ser classificada como, o que inclui:

é Pesquisa exploratória - cujo objetivo é proporcionar maior familiaridade com o problema (explícito). Pode envolver levantamento bibliográfico, entrevistas com pessoas experientes no problema pesquisado. Geralmente, assume a forma de pesquisa bibliográfica e estudo de caso.

é Pesquisa descritiva: cujo objetivo é descrever as características de determinadas populações ou fenômenos. Uma de suas peculiaridades está na utilização de técnicas padronizadas de coleta de dados, tais como o questionário e a observação sistemática. Ex.: pesquisa referente à idade, sexo, procedência, eleição etc.

é Pesquisa explicativa: cujo objetivo é identificar os fatores que determinam ou que contribuem para a ocorrência dos fenômenos. É o tipo que mais aprofunda o conhecimento da realidade, porque explica a razão, o porquê, das coisas. Por isso, é o tipo mais complexo e delicado.

Quanto aos procedimentos técnicos, pode ser classificada como, o que inclui:

é Pesquisa bibliográfica: é desenvolvida com base em material já elaborado, constituído principalmente de livros e artigos científicos.

é Pesquisa Documental: É muito parecida com a bibliográfica. A diferença está na natureza das fontes, pois esta forma vale-se de materiais que não receberam ainda um tratamento analítico, ou que ainda podem ser reelaborados de acordo com os objetos da pesquisa. Além de analisar os documentos de primeira mão (documentos de arquivos, instituições etc.), existem também aqueles que já foram processados, mas podem receber outras interpretações, como relatórios de empresas, tabelas etc.

é Pesquisa experimental: quando se determina um objeto de estudo, seleciona-se as variáveis que seriam capazes de influenciá-lo, define-se as formas de controle e de observação dos efeitos que a variável produz no objeto.

é Levantamento: É a interrogação direta das pessoas cujo comportamento se deseja conhecer. Procedem-se à solicitação de informações a um grupo significativo de pessoas acerca do problema estudado para, em seguida, mediante análise quantitativa, obterem-se as conclusões correspondentes aos dados coletados. Quanto o levantamento recolhe informações de todos os integrantes do universo pesquisado, tem-se um censo.

é Estudo de campo: procura o aprofundamento de uma realidade específica. É basicamente realizada por meio da observação direta das atividades do grupo estudado e de entrevistas com informantes para captar as explicações e interpretações do que ocorre naquela realidade.

é Estudo de caso: consiste no estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos, de maneira que permita seu amplo e detalhado conhecimento.

é Pesquisa-ação: É um tipo de pesquisa com base empírica que é concebida e realizada em estreita associação com uma ação ou com a resolução de um problema coletivo e no qual os pesquisadores e participantes representativos da situação ou do problema estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo.

Assim sendo, este estudo pode ser classificado, quanto aos objetivos, como exploratória e descritiva, por envolver levantamento bibliográfico e observação sistemática, respectivamente. Quanto aos procedimentos técnicos, pode ser classificada como pesquisa documental e estudo de campo, caracterizando-se como um Estudo de Caso, por envolver um estudo profundo e exaustivo, de maneira que permitiu seu amplo e detalhado conhecimento. Cujo objetivo principal, foi compreender o caso no seu todo e na sua unicidade dada a sua natureza qualitativa.

O estudo de caso é apenas uma das muitas maneiras de se fazer pesquisa. Experimentos, levantamentos, pesquisas históricas e análises de informações em arquivos são alguns exemplos de outras maneiras de se realizar pesquisa. Cada estratégia apresenta vantagens e desvantagens próprias, dependendo, basicamente de três condições: a) o tipo de questão da pesquisa; b) o controle que o pesquisador possui sobre os eventos comportamentais efetivos; c) o foco em fenômenos históricos, em oposição a fenômenos contemporâneos. Em geral, os estudos de caso representam a estratégia preferida quando se colocam questões do tipo "como" e "por que", quando o pesquisador tem pouco controle sobre os eventos e quando o foco se encontra em fenômenos contemporâneos inseridos em algum contexto da vida real (YIN, 2001).

A elaboração de um projeto de pesquisa e o desenvolvimento da própria pesquisa, necessita, para que seus resultados sejam satisfatórios, estar baseados em planejamento cuidadoso, reflexões conceituais sólidas e alicerçados em conhecimentos já existentes (SILVA & MENEZES, 2005).

Esta pesquisa foi realizada como um estudo de caso, de um projeto de montagem de turbinas eólicas, planejada para ser executada em 7 (sete etapas), o que incluiu:

- é Identificação e estruturação do problema;
- é Seleção do projeto de montagem;
- é Caracterização do projeto selecionado;
- é Pesquisa de campo;
- é Estimativas dos custos de montagem das turbinas eólicas;
- é Análise do controle de qualidade;
- é E, análise dos resultados.

1.5 Estrutura do Trabalho

A estrutura deste presente trabalho será dividida em quatro capítulos. O primeiro será a introdução. Este iniciará com uma breve contextualização do tema, apresentando os objetivos gerais e específicos, sua justificativa e a metodologia utilizada na construção do trabalho.

O segundo capítulo trará a referencial teórico. Neste capítulo serão apresentadas as fundamentações teóricas com a ajuda de autores consagrados que embasam os assuntos estudados no trabalho, sendo o objetivo do capítulo introduzir o leitor sobre o assunto abordado para que o mesmo disponha de um melhor entendimento no estudo de caso.

O terceiro capítulo do Estudo de caso e nele serão apresentados a caracterização da empresa, seu processo produtivo, a descrição do estudo e os resultados obtidos com o estudo.

O quarto e último capítulo trará a conclusão do trabalho realizado, com todas as suas considerações e sugestões para trabalhos futuros, sendo seguido das referências bibliográficas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Energia Eólica

De acordo com a ENEEL (2008), denomina-se energia eólica a energia cinética contida nas massas de ar em movimento (vento). Seu aproveitamento ocorre por meio da conversão da energia cinética de translação em energia cinética de rotação, com o emprego de turbinas eólicas, também denominadas aerogeradores, para a geração de eletricidade.

Com relação a avaliação do potencial eólico de uma região, o processo requer trabalhos sistemáticos de coleta e análise de dados sobre a velocidade e o regime de ventos. Geralmente, uma avaliação rigorosa requer levantamentos específicos, para estimar do potencial bruto ou teórico de aproveitamento da energia eólica.

De acordo com AMARANTE, O. A. C.; ZACK, J.; BROWER, M.; SE, A. L., (2001), em apenas 13% da superfície terrestre o vento apresenta velocidade média igual ou superior a 7 m/s, a uma altura de 50 m. Mesmo assim, estima-se que o potencial eólico bruto mundial seja da ordem de 500.000 TWh por ano. O potencial eólico brasileiro está estimado em cerca de 143 GW.

No Brasil, as primeiras medições de vento foram realizadas no Ceará e em Fernando de Noronha (PE), no início dos anos 1990. Os dados coletados foram classificados em classes, conforme mostra a tabela 1.

Tabela 2 - Definição das classes de energia, em função da velocidade de vento.

Classe	Mata		Campo aberto		Zona costeira		Morros		Montanhas	
	V_m (m/s)	E_m (W/m ²)	V_m (m/s)	E_m (W/m ²)	V_m (m/s)	E_m (W/m ²)	V_m (m/s)	E_m (W/m ²)	V_m (m/s)	E_m (W/m ²)
4	> 6	> 200	> 7	> 300	> 8	> 480	> 9	> 700	> 11	> 1250
3	4,5 - 6	80 - 200	6 - 7	200 - 300	6,5 - 8	250 - 480	7,5 - 9	380 - 700	8,5 - 11	650 - 1250
2	3 - 4,5	25 - 80	4,5 - 6	80 - 200	5 - 6,5	100 - 250	6 - 7,5	200 - 380	7 - 8,5	300 - 650
1	< 3	< 25	< 4,5	< 80	< 5	< 100	< 6	< 200	< 7	< 300

Fonte: AMARANTE, O. A. C.; ZACK, J.; BROWER, M.; SE, A. L., (2001).

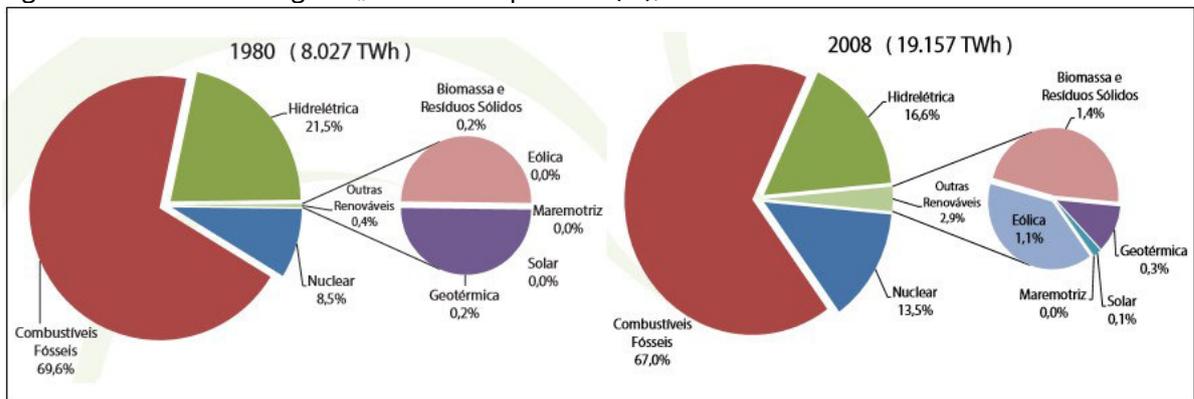
No que se refere às velocidades médias de vento para 5 condições topográficas distintas: zona costeira - áreas de praia; campo aberto - áreas de pastagens e vegetação baixa; mata - áreas com árvores altas, mas de baixa densidade; morro - áreas de relevo ondulado, relativamente complexo, com pouca vegetação; e, montanha - áreas de relevo complexo, com altas montanhas. Ainda, a classe 1 representa regiões de baixo potencial

eficaz. A classe 4 corresponde aos melhores locais para aproveitamento dos ventos no Brasil. As classes 2 e 3 podem ou não ser favoráveis, dependendo das condições topográficas.

Com relação à participação na matriz de energia elétrica brasileira (figura 1), os números que indicam a crescente utilização de energia eólica, em várias partes do mundo, que comprovam a maturidade da tecnologia que envolve e dos seus aspectos socioeconômicos.

A figura 1 mostra a taxa de crescimento da energia eólica no período de 1980 a 2008. Praticamente, não houve investimento.

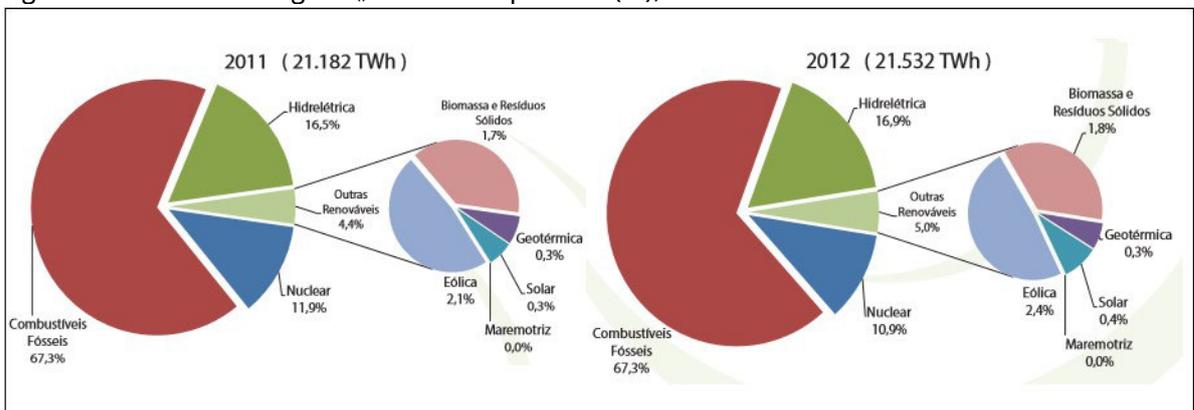
Figura 1 - Geração de energia elétrica mundial por fonte (%), entre 1980 e 2008.



Fonte: EPE (2016).

A figura 2 mostra a taxa de crescimento da energia eólica no período de 2011 a 2012. Com a venda expressiva a partir do leilão de 2009, a taxa em 1 ano mais que dobrou, se comparado aos 28 anos da figura 1.

Figura 2 - Geração de energia elétrica mundial por fonte (%), entre 2011 e 2012.

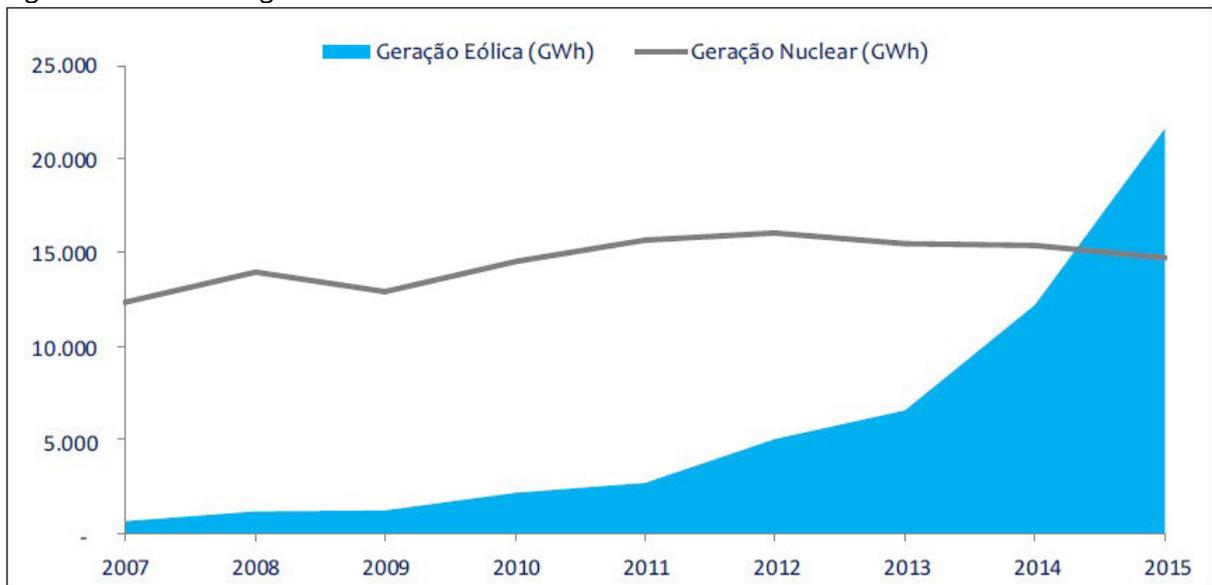


Fonte: EPE (2016).

Quando comparado com outras fontes, como a nuclear, por exemplo, que de acordo com ELETROBRAS (2017), atualmente representa 14% da energia no mundo. E, que no Brasil estão em operação as usinas Angra 1- com capacidade para geração de 657 megawatts elétricos; Angra 2 - de 1350 megawatts elétricos; e, Angra 3, com previsão para entrar em operação comercial para dezembro de 2018, que está prevista para gerar 1405 megawatts. A energia eólica apresenta um desenvolvimento muito mais progressivo.

De acordo com a EPE (2016), a potência eólica atingiu, em 2015, 7.633 MW, ultrapassando a geração nuclear. Conforme ilustra a figura 3.

Figura 3 - Evolução da geração eólica.



Fonte: EPE (2016).

A evolução da capacidade instalada de energia eólica no Brasil teve um incentivo importante por parte do Governo Federal (Proinfa) por meio do Decreto nº 5.025 de 2004 e da Lei nº 11.943 de 2009, com financiamentos para gerar 1.422,92 MW, com prazo final para entrar em operação comercial em dezembro de 2010.

O Programa de Incentivos às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa), que teve o objetivo de promover a diversificação da Matriz Energética Brasileira, buscando alternativas para aumentar a segurança no abastecimento de energia elétrica, além de permitir a valorização das características e potencialidades regionais e locais. Foi instituído para aumentar a participação da energia elétrica produzida por empreendimentos de fontes eólica, biomassa e pequenas centrais hidrelétricas (PCH) no Sistema Elétrico Interligado Nacional (SIN). O Programa previa a implantação de 144 usinas, totalizando 3.299,40 MW de

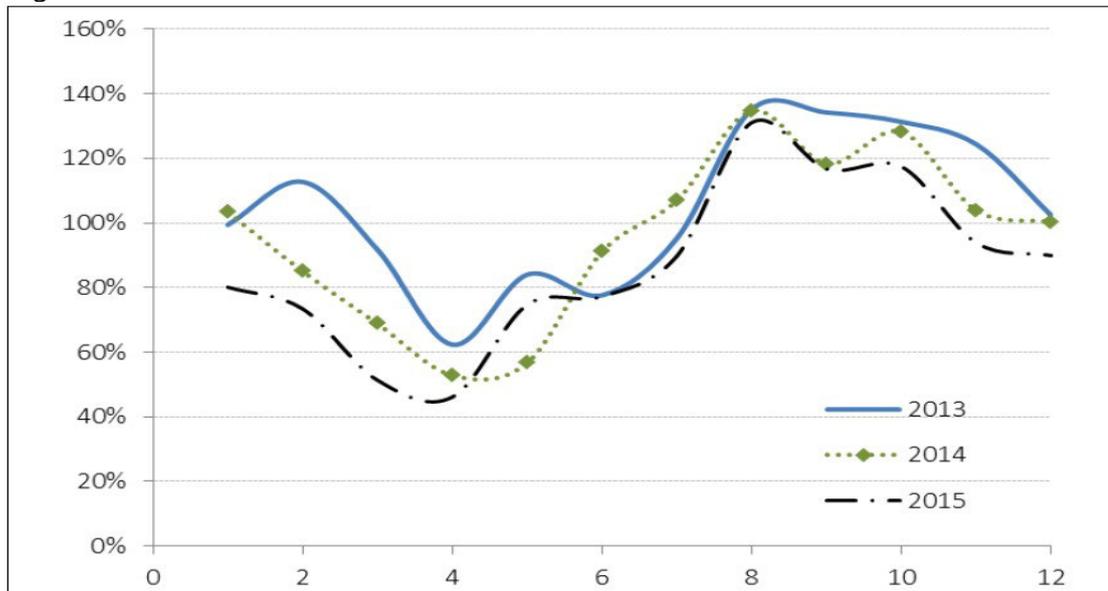
capacidade instalada. Toda essa energia teve garantia de contratação de 20 anos pelas Centrais Elétricas Brasileiras S.A. (Eletrobrás). O Proinfa foi um programa pioneiro, que impulsionou essas fontes, mas em especial a energia eólica, e, ainda, mostrou a vocação brasileira de uma matriz elétrica limpa. O grande desafio estabelecido pelo Programa foi o índice de 60% de nacionalização dos empreendimentos, que teve o objetivo principal de fomentar a indústria de base dessas fontes.

2.1.1 Geração Eólica no Brasil

O mercado de energia eólica no Brasil que já é uma realidade promissora, constitui uma alternativa para diversos níveis de demanda, atende uma significativa parcela do Sistema Interligado Nacional (SIN), contribui para a redução da emissão de poluentes atmosféricos, diminui a necessidade da construção de grandes reservatórios, e, reduz o risco gerado pela sazonalidade hidrológica.

A figura 4, ilustra o perfil sazonal da bacia eólica do Nordeste, que é complementar à sazonalidade hidrológica desta região.

Figura 4 - Variabilidade sazonal da bacia eólica do Nordeste



Fonte: TOLMASQUIM (2016).

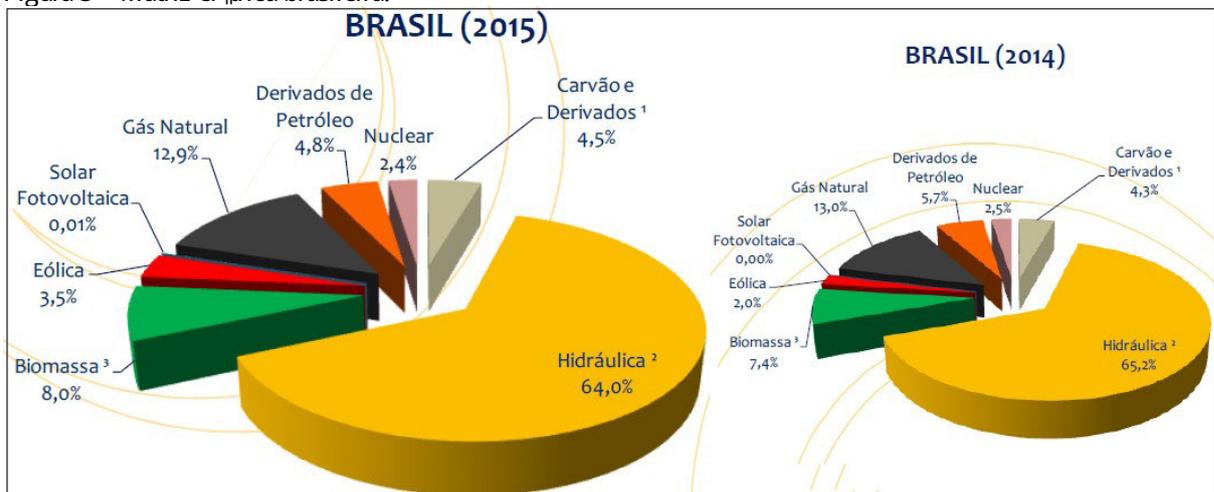
Com a maior penetração da geração eólica, vale destacar o papel igualmente importante do sistema de transmissão no desenvolvimento desta fonte de geração. A interligação entre regiões permite utilizar o parque hidrelétrico nacional para mitigar a

intermitência típica da geração eólica e, explorar as sinergias entre esta fonte e o parque hidrelétrico no que diz respeito à capacidade de armazenamento dos reservatórios de acumulação, indicando a possibilidade de ganhos com a exploração destes dois recursos naturais.

Do ponto de vista de serviços, é um mercado com muitas demandas: requer especialização técnica e desenvolvimento tecnológico para fabricação de componentes da turbina eólica; expertise em projetos específicos para obras civis (como a construção das estradas de acesso e a construção de fundações, que deverão operar sob variadas condições de carregamento pelo menos por 20 anos); e, para montagem eletromecânica de sistemas, que requer especialidades para a adequada execução em conformidade com a especificação técnica, considerando os parâmetros de desenvolvimento do projeto da usina eólica.

De acordo com EPE (2016), a geração total de energia elétrica, no ano de 2015 no Brasil foi de 581,5 TWh, correspondendo a uma retração de 1,5% em relação ao montante gerado em 2014, devida, em grande parte, à conjuntura econômica adversa. Deste total, a geração hidrelétrica respondeu por 359,7 TWh, anotando queda de 9,1% sobre o valor produzido em 2014. Esta queda foi acompanhada pela eletricidade gerada a partir dos derivados de petróleo, que retraiu 18,6% em relação a 2014, totalizando 25,4 TWh e atingindo 4,4% de participação na matriz elétrica. Entretanto, houve um aumento expressivo da geração a partir da fonte eólica (77,1% sobre o montante gerado em 2014), que totalizou 21,6 TWh, mas ainda com participação modesta na matriz elétrica (3,5%). Conforme mostra a figura 5, com a matriz elétrica brasileira.

Figura 5 – Matriz elétrica brasileira.



Fonte: EPE (2016).

2.1.2 Regulação da Geração e Eficiência no Brasil

O marco regulatório (conjunto de normas, leis e diretrizes que regulam o funcionamento dos setores nos quais agentes privados prestam serviços de utilidade pública) brasileiro para energia elétrica, começou a ser construído em 2004 com as Leis nº 10.847 e 10.848. De iniciativa do Governo Federal, marcou, em termos institucionais, a criação de uma entidade responsável pelo planejamento do setor elétrico no longo prazo, a Empresa de Pesquisa Energética (EPE), com a função de avaliar permanentemente a segurança do suprimento de energia elétrica; o Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico (CMSE); uma instituição para dar continuidade às atividades do Mercado Atacadista de Energia (MAE), a e Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE), para as atividades relativas à comercialização de energia elétrica no Sistema Interligado. Em julho de 2004 foi publicado o decreto do executivo federal 5.163/2004 que trata das regras gerais de comercialização de energia elétrica:

DAS REGRAS GERAIS DE COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA, Art. 1º A comercialização de energia elétrica entre concessionários, permissionários e autorizados de serviços e instalações de energia elétrica, bem como destes com seus consumidores no Sistema Interligado Nacional - SIN, dar-se-á nos Ambientes de Contratação Regulada ou Livre, nos termos da legislação, deste Decreto e de atos complementares. § 2º Para fins de comercialização de energia elétrica, entende-se como: I - Ambiente de Contratação Regulada - ACR o segmento do mercado no qual se realizam as operações de compra e venda de energia elétrica entre agentes vendedores e agentes de distribuição, precedidas de licitação, ressalvados os casos previstos em lei, conforme regras e procedimentos de comercialização específicos, (MME, 2004).

A Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL é uma autarquia em regime especial vinculada ao Ministério de Minas e Energia, foi criada para regular o setor elétrico brasileiro, por meio da Lei nº 9.427/1996 e do Decreto nº 2.335/1997. Compete à ANEEL regulamentar as políticas e diretrizes do Governo Federal para a utilização e exploração dos serviços de energia elétrica pelos agentes do setor, pelos consumidores cativos e livres, pelos produtores independentes e pelos autoprodutores. Cabe à Agência, ainda, definir padrões de qualidade do atendimento e de segurança compatíveis com as necessidades regionais, com foco na viabilidade técnica, econômica e ambiental das atividades e, por meio desses esforços, promover o uso eficaz e eficiente de energia elétrica e proporcionar condições para a livre competição no mercado de energia elétrica, (ANEEL, 2017).

Três são as modalidades de regulação praticadas pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL): (1) a regulação técnica de padrões e serviços (para geração, transmissão, distribuição e comercialização); (2) a regulação econômica (para tarifas e

mercado); e (3) a dos projetos de pesquisa e desenvolvimento (P&D) e de eficiência energética.

2.1.3 Leilões de Energia Elétrica

De acordo com a Associação Brasileira de Distribuidores de Energia Elétrica - ABRADEE (2017), o Leilão de energia elétrica é um processo licitatório, ou seja, é uma concorrência promovida pelo poder público com vistas a se obter energia elétrica em um prazo futuro (prazo determinado nos termos de um edital), seja pela construção de novas usinas de geração elétrica, linhas de transmissão até os centros consumidores ou mesmo a energia que é gerada em usinas em funcionamento e com seus investimentos já pagos, conhecida no setor como "energia velha". Sem os leilões, portanto, seria difícil para o setor elétrico conseguir equilibrar oferta e consumo de energia e, conseqüentemente, aumentariam-se os riscos de falta de energia e de racionamento. 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 ambientais (mais ou menos energia hidrelétrica, nuclear, eólica, queima de combustíveis, biomassa, etc.), bem como no valor das tarifas pagas pelos consumidores.

Em termos de coordenação hierárquica, todos os leilões de energia passam pela coordenação e controle da Agência reguladora do setor elétrico, a ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica), a qual, por sua vez, é ligada ao Ministério das Minas e Energia - MME.

Os leilões de compra / venda de energia elétrica são realizados no âmbito do Ambiente de Contratação Regulada (ACR) - parte do mercado elétrico em que a Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE) opera, atuando em sua coordenação. A maior parte da energia contratada nessa modalidade de leilões vai para as próprias Distribuidoras de energia, para distribuir aos consumidores da área geográfica em que atuam. Adicionalmente, conforme redação do Decreto nº 5.163 de 2004, em seu artigo 11, parágrafo 4º, a ANEEL também poderá promover leilões para compra de energia de fontes alternativas, nos casos em que esteja em risco a obrigação de atendimento de 100% da demanda dos agentes de distribuição.

Ainda segundo a ABRADEE (2017), os leilões são divididos de acordo com o tipo de empreendimento: se novo ou existente. Os chamados leilões de energia existente são aqueles destinados a atender as distribuidoras no ano subsequente ao da contratação (denominado A-1) a partir de energia proveniente de empreendimentos em operação. Já os leilões de energia nova destinam-se à contratação de energia proveniente de usinas em projeto ou em construção, que poderão fornecer energia em 3 (denominado A-3) ou 5 (A-5) anos a partir da contratação. Esta segmentação é necessária porque os custos de capital dos empreendimentos existentes não são comparáveis aos de empreendimentos novos, ainda a ser amortizados.

De acordo com a ANEEL (2015), dentre os documentos de qualificação técnica, como parte do processo de habilitação do Leilão, o cronograma físico de implantação do empreendimento elétrico deverá atender as seguintes etapas, com marcos para: obtenção da Licença Ambiental de Instalação (LI); início da implantação do canteiro de obras; início das obras civis das estruturas; início da concretagem das bases das unidades geradoras; início da montagem das torres das unidades geradoras; início das obras da subestação e/ou da linha de transmissão de interesse restrito; conclusão da montagem das unidades geradoras; obtenção da Licença Ambiental de Operação (LO); início da operação em teste; e, início da operação comercial.

2.1.4 O setor elétrico Brasileiro

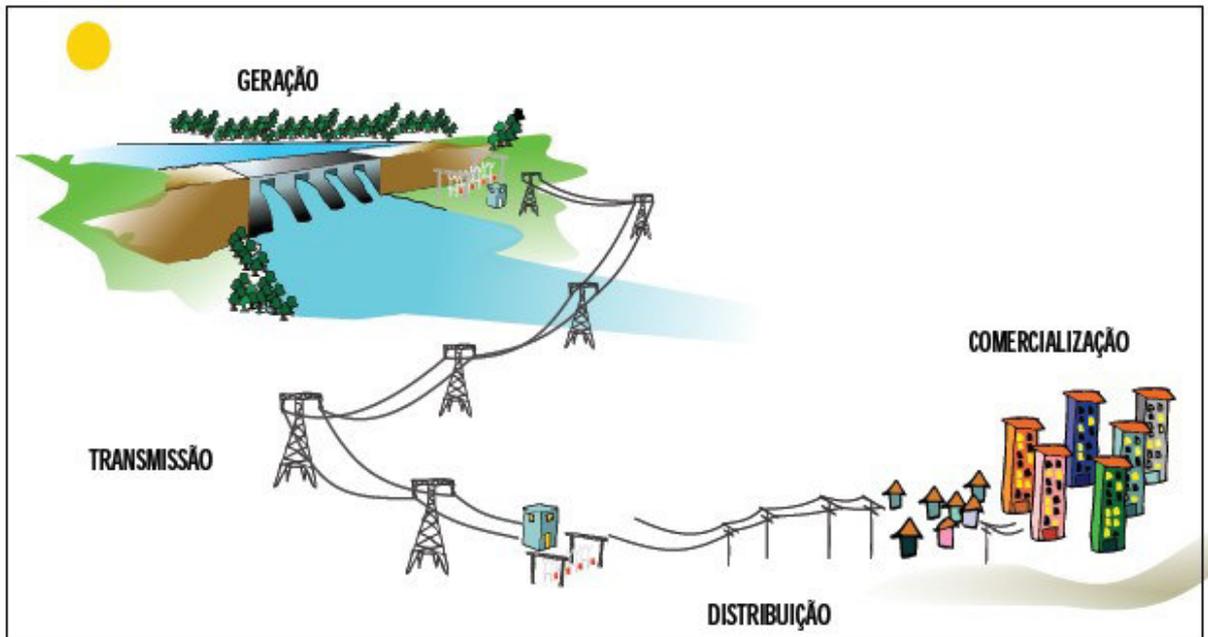
De acordo com ANEEL (2011), a energia elétrica é um insumo essencial à sociedade, indispensável ao desenvolvimento socioeconômico das nações. No Brasil, a principal fonte de geração é a hidrelétrica (água dos rios) que responde por 71% da capacidade instalada em operação no país, seguida das termelétricas (gás natural, combustíveis fósseis, biomassa e nuclear), com 28%. O restante é proveniente de usinas eólicas e outras fontes.

As geradoras produzem a energia, as transmissoras a transportam do ponto de geração até os centros consumidores, de onde as distribuidoras a levam até a casa dos cidadãos. Há ainda as comercializadoras, empresas autorizadas a comprar e vender energia para os consumidores livre (que precisam de maiores quantidades de energia).

O sistema elétrico brasileiro permite o intercâmbio da energia produzida em todas as regiões, exceto nos sistemas isolados. O trânsito da energia é possível graças ao Sistema

Interligado Nacional (SIN), uma grande rede de transmissão, com cerca de 100 mil quilômetros (km) de extensão. A figura 6 ilustra como funciona o setor elétrico brasileiro.

Figura 6 - Ilustração do setor elétrico brasileiro.



Fonte: ANEEL (2011).

Para cumprir o compromisso de levar energia elétrica aos consumidores com qualidade, a empresa tem custos que devem ser avaliados na definição das tarifas (A ANEEL define as tarifas de energia, de acordo com o que está estabelecido em lei e nos contratos assinados com as empresas geradoras). Basicamente, a tarifa considera três custos distintos (figura 7): energia gerada, transporte da energia até as unidades consumidoras (transmissão e distribuição), e os encargos setoriais (PIS/COFINS, ICMS e a Contribuição para Iluminação Pública).

Figura 7 - Composição básica da fatura de energia elétrica.

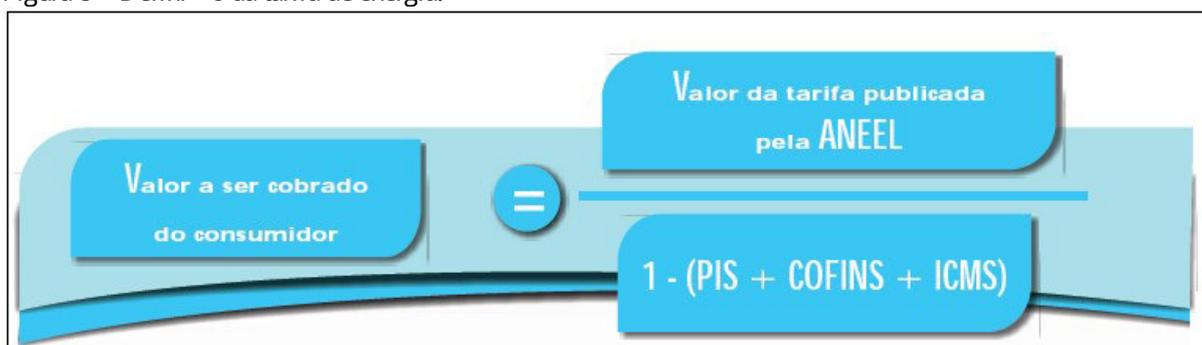


Fonte: ANEEL (2011).

Desde 2004, o valor da energia adquirida, das geradoras pelas distribuidoras, passou a ser determinado também em decorrência dos leilões públicos. A concorrência contribui para menores preços.

A figura 8 mostra como é definido o valor da tarifa de energia.

Figura 8 - Definição da tarifa de energia.



Fonte: ANEEL (2011).

O valor da tarifa inicial e os mecanismos para sua atualização estão definidos nos contratos de concessão assinados entre as distribuidoras e a União (poder concedente).

2.2 Gerenciamento de Projetos

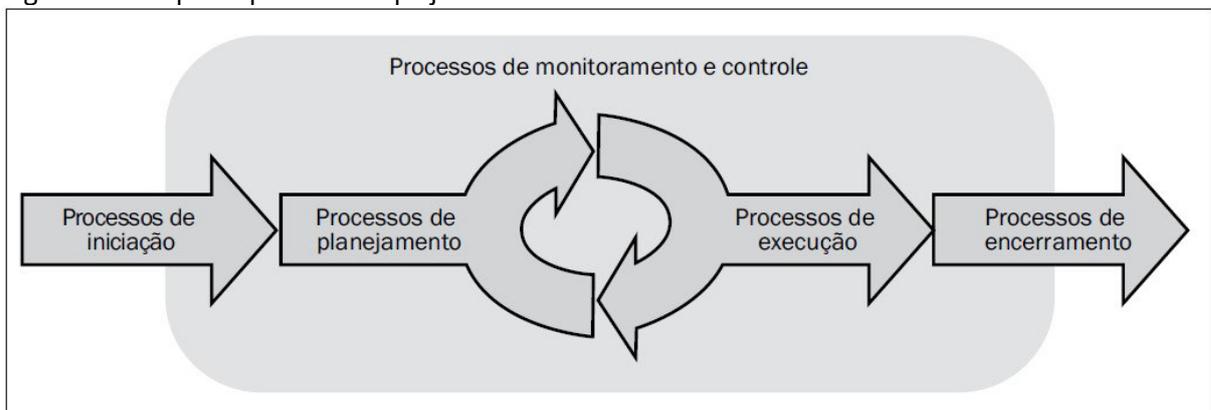
De acordo com DO VALLE (2014), ao olharmos ao nosso redor, é fácil perceber que muito do que fazemos são projetos e muito do que possuímos é o resultado de projetos bem-sucedidos. O desenvolvimento de um novo software, a implementação de um novo procedimento ou processo de negócio, a construção de edifícios, são exemplos de projetos.

As revoluções industriais dos últimos 300 anos criaram novas tecnologias que resolveram problemas no campo do transporte, comunicação e produção. Muitas vezes, essas soluções demandaram projetos cada vez mais complexos. Por volta da segunda metade do século XIX, a revolução industrial provocou o aumento da complexidade das relações de produção, e o início de uma cadeia de transformações fez com que os gestores se deparassem com a necessidade de organizar as atividades, bem como a produção e a montagem de quantidades de matéria-prima de difícil previsão. Isso significa que a tarefa de gerir sistemas e novas organizações veio se tornando cada vez mais difícil. Neste contexto, os estudos sobre como melhorar a racionalidade da forma de administrar e organizar as atividades empresariais e de produção evoluíram com o tempo.

De acordo com o PMBOK (2013), o gerenciamento de projetos é a aplicação do conhecimento, habilidades, ferramentas e técnicas às atividades para atender aos seus requisitos. É realizado através da aplicação e integração apropriadas dos 47 processos, agrupados em cinco: iniciação; planejamento; execução; monitoramento e controle; e encerramento. O que inclui, a identificação de requisitos, a abordagem das partes interessadas, e, o equilíbrio das restrições conflitantes. Principalmente, com relação ao escopo, ao tempo, ao custo e qualidade.

A figura 9 os principais processos de um projeto.

Figura 9 - Exemplo de processos do projeto.



Fonte: PMBOK (2013).

Segundo o PMBOK (2013), não existe uma estrutura ideal única que possa ser aplicada a todos os projetos. Embora práticas comuns no setor normalmente levem à utilização de uma estrutura preferida, projetos no mesmo setor, ou mesmo dentro da mesma organização, podem apresentar variações significativas. Os ciclos de vida previstos, em que o escopo do projeto, o tempo e os custos exigidos para entregar tal escopo são determinados o mais cedo possível no ciclo de vida do projeto. Esses projetos progredem através de uma série de fases sequenciais ou sobrepostas, em que cada fase geralmente foca um subconjunto de atividades de projeto e processos de gerenciamento de projeto.

Os processos de iniciação são executados para definir um novo projeto ou uma nova fase de um projeto existente através da obtenção de autorização para iniciar o projeto ou fase. Nos processos de iniciação, o escopo inicial é definido e os recursos financeiros iniciais são comprometidos. As partes interessadas internas e externas que vão interagir e influenciar o resultado geral do projeto são identificadas. Se ainda não foi designado, o gerente do projeto será selecionado. Estas informações são capturadas no termo de abertura do projeto e no registro das partes interessadas. Quando o termo de abertura é aprovado, o projeto é oficialmente

autorizado. O objetivo principal deste grupo de processos é alinhar as expectativas das partes interessadas com o objetivo do projeto, dar-lhes visibilidade sobre o escopo e objetivos, e mostrar como a sua participação no projeto e em suas respectivas fases pode assegurar a realização das suas expectativas. Estes processos ajudam a estabelecer a visão do projeto, o que precisa ser alcançado.

Os processos de planejamento são necessários para definir o escopo do projeto, refinar os objetivos e definir a linha de ação necessária para alcançar os objetivos para os quais o projeto foi criado. Os processos de planejamento desenvolvem o plano de gerenciamento e os documentos do projeto que serão usados para executá-lo. O benefício principal deste grupo de processos é delinear a estratégia e a tática, e também o curso de ação ou o caminho para a conclusão do projeto ou da fase com sucesso. Quando o grupo de processos de planejamento é bem gerenciado, fica mais fácil conquistar a adesão e a participação das partes interessadas.

Os processos de execução são realizados para executar o trabalho definido no plano de gerenciamento do projeto para satisfazer as especificações do projeto. Este grupo de processos envolve coordenar pessoas e recursos, gerenciar as expectativas das partes interessadas, e também integrar e executar as atividades do projeto em conformidade com o plano de gerenciamento do projeto. Durante a execução do projeto, os resultados poderão requerer atualizações no planejamento e mudanças nas linhas de base. Isso pode incluir mudanças nas durações esperadas para as atividades, mudanças na produtividade e na disponibilidade dos recursos e riscos imprevistos. Essas variáveis podem afetar o plano de gerenciamento do projeto ou os documentos do projeto e exigir uma análise detalhada e o desenvolvimento de respostas apropriadas de gerenciamento de projetos. Os resultados da análise podem acionar solicitações de mudanças que, se forem aprovadas, poderão modificar o plano de gerenciamento ou outros documentos do projeto e talvez exigir a definição de novas linhas de base. Uma grande parte do orçamento do projeto será gasta na execução dos processos do grupo de processos de execução.

Os processos de monitoramento e controle são exigidos para acompanhar, analisar e controlar o progresso e desempenho do projeto, identificar quaisquer áreas nas quais serão necessárias mudanças no plano, e iniciar as mudanças correspondentes. O principal benefício deste grupo de processos é a medição e análise do desempenho do projeto a intervalos regulares, em ocorrências apropriadas ou em condições excepcionais, a fim de identificar as variáveis no plano de gerenciamento do projeto. O que pode envolver o controle de mudanças

e recomendar ações corretivas ou preventivas em antecipação a possíveis problemas; monitorar as atividades contínuas do projeto em relação ao plano de gerenciamento do projeto e a linha de base de desempenho do mesmo; e, influenciar os fatores que poderiam impedir o controle integrado de mudanças ou de gerenciamento de configurações para que somente as mudanças aprovadas sejam implementadas.

Os processos de encerramento são executados para finalizar todas as atividades de todos os grupos de processos, visando encerrar formalmente o projeto ou fase. Este grupo de processos, quando concluído, verifica se os processos definidos estão completos em todos os grupos de processos a fim de encerrar o projeto ou uma fase do projeto, da forma apropriada, e define formalmente a finalização do projeto ou da fase. Nos processos de encerramento pode ocorrer as seguintes atividades: obter a aceitação pelo cliente ou patrocinador para encerrar formalmente o projeto ou fase; fazer a revisão pós-projeto ou de final de fase; registrar os impactos de adequação de qualquer processo; documentar as lições aprendidas; aplicar as atualizações apropriadas aos ativos de processos organizacionais; arquivar todos os documentos relevantes do projeto para serem usados como dados históricos; encerrar todas as atividades de aquisições, assegurando a rescisão de todos os acordos relevantes; e, executar a avaliação dos membros da equipe e liberar os recursos do projeto.

Ainda, de acordo com o PMBOK (2013), os processos de gerenciamento de projetos são apresentados como elementos distintos com interfaces bem definidas. Entretanto, na prática eles se sobrepõem e interagem. Os processos de monitoramento e controle, por exemplo, ocorrem ao mesmo tempo que os processos contidos em outros grupos de processos.

2.2.1 Gerenciamento do Escopo do Projeto

De acordo com SOTILLE, MENEZES, XAVIER, & PREIRA (2014), o gerenciamento do escopo é o processo que garante que o projeto inclui todo o trabalho requerido, e somente o trabalho requerido, para completá-lo com sucesso.

Para o PMBOK (2013), o gerenciamento do escopo do projeto está relacionado com a definição e controle das atividades que compõem o projeto. O que inclui: planejar o gerenciamento do escopo; coletar os requisitos; criar a EAP (Estrutura Analítica do Projeto); validar o escopo (formalização da aceitação das entregas); e, controlar o escopo (monitoramento da execução do escopo do projeto).

O desenvolvimento do plano de gerenciamento do escopo e o detalhamento do escopo do projeto t, m inºcio com a anlise das informabes contidas no termo de abertura do projeto. A linha de base do escopo, que  a verso aprovada da especificao e da estrutura analtica do projeto (EAP), e s poder ser alterada atravs de procedimentos formais. E  usada como uma base de comparao durante a execuo dos processos.

Coletar os requisitos  o processo de determinar, documentar e gerenciar as necessidades das partes interessadas a fim de atender aos objetivos do projeto, e incluem as condibes que devem ser atendidas para cumprir um acordo de especificao formalmente imposta.

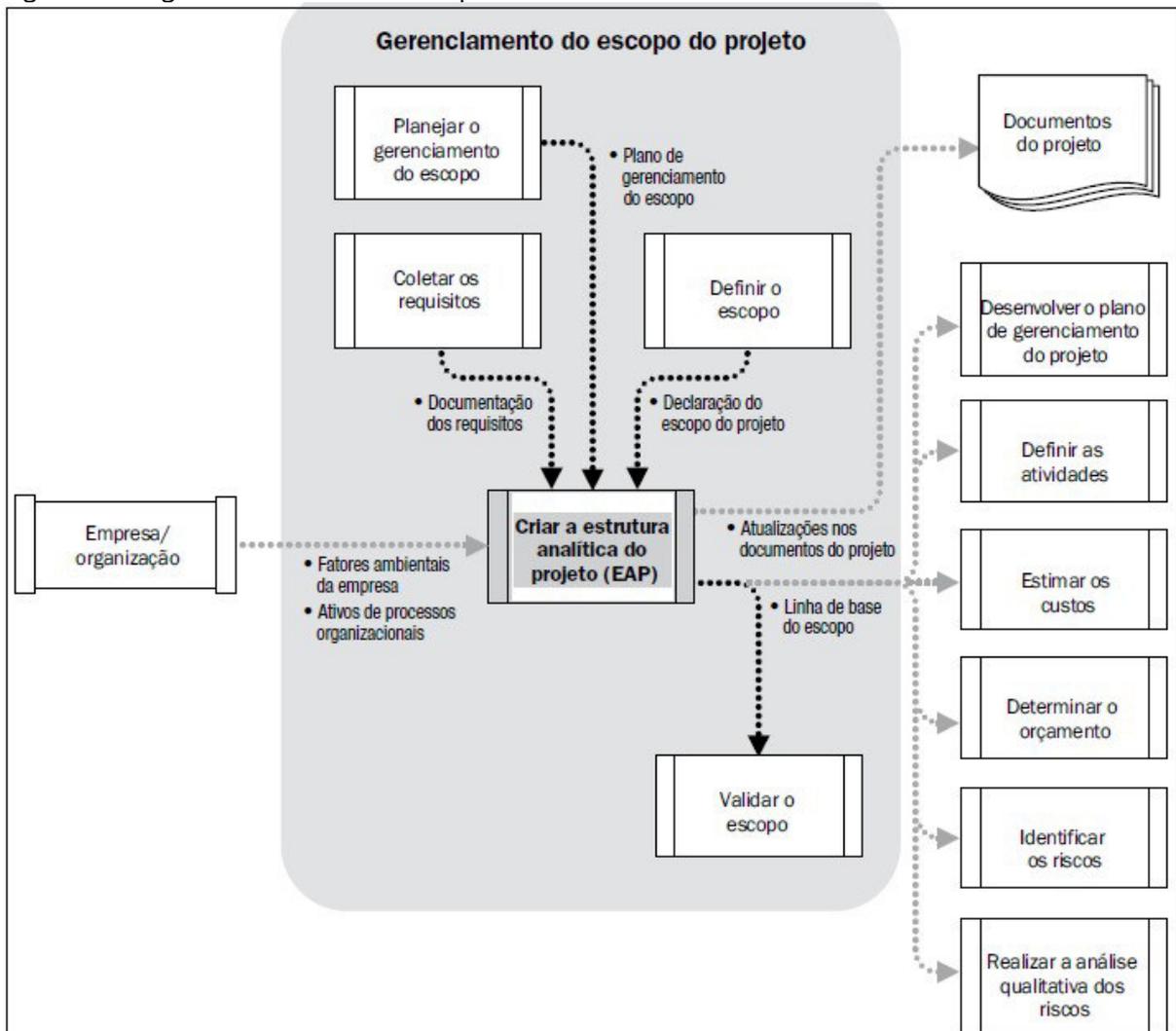
Com as necessidades quantificadas e documentadas, e com as expectativas do cliente e das outras partes interessadas, os requisitos precisam ser obtidos, analisados e registrados com detalhes suficientes para serem includos na linha de base do escopo e medidos uma vez que a execuo do projeto se inicie.

Os requisitos se transformam na fundamentao da EAP, do planejamento do custo, do cronograma e da qualidade.

Criar a estrutura analtica do projeto (EAP)  o processo de subdiviso das entregas do projeto em componentes menores e mais facilmente gerenciveis. A EAP organiza e define o escopo total do projeto e representa o trabalho especificado na atual declarao do escopo do projeto aprovada.

A figura 10 ilustra o diagrama de fluxo de dados do processo de criao da EAP.

Figura 10 - Diagrama do fluxo de dados do processo Criar a EAP.



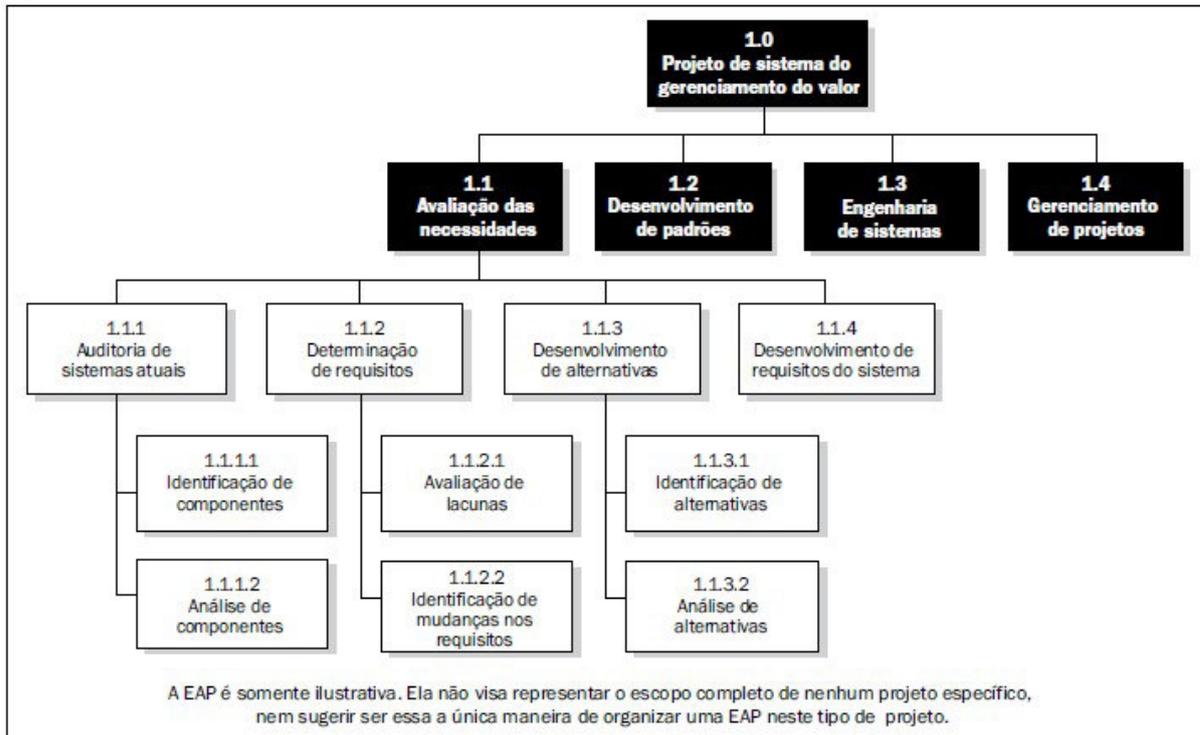
Fonte: PMBOK (2013).

O trabalho planejado é contido dentro dos componentes de nível mais baixo da EAP, que são chamados de pacotes de trabalho.

Um pacote de trabalho pode ser usado para agrupar as atividades onde o trabalho planejado, tem seu custo estimado, monitorado e controlado.

Um exemplo de uma EAP com alguns ramos decompostos até o nível de pacote de trabalho é mostrada na Figura 11.

Figura 11 - A mostra de EAP decomposta em pacotes de trabalho



Fonte: PMBOK (2013).

Segundo PMBOK (2013), validar o escopo é o processo de formalização da aceitação das entregas concluídas do projeto. E, controlar o escopo é o processo de monitoramento e gerenciamento das mudanças feitas na linha de base do escopo. Os dados de desempenho do trabalho podem incluir a quantidade de solicitações de mudança recebidas, a quantidade de solicitações aceitas ou a quantidade de entregas concluídas, etc.

2.2.2 Gerenciamento do Tempo do Projeto

Não somente o gerenciamento do tempo, mas todas as áreas do gerenciamento de projetos têm no escopo a base para seu planejamento (BARCAUI, BARBOSA, & SILVA, 2013).

De acordo com o PMBOK (2013), o gerenciamento do tempo do projeto inclui os processos necessários para gerenciar o término pontual do projeto. A visão geral dos processos de gerenciamento do tempo do projeto, que são: planejar o gerenciamento do cronograma, que é estabelecer as políticas, os procedimentos e a documentação para o planejamento, desenvolvimento, gerenciamento, execução e controle do cronograma do projeto; definir as atividades, que é o processo de identificação e documentação das atividades

específicas a serem realizadas para produzir as entregas do projeto; sequenciar as atividades, que é o processo de identificação e documentação dos relacionamentos entre as atividades do projeto; estimar os recursos das atividades, que é o processo de estimativa dos tipos e quantidades de material, recursos humanos, equipamentos ou suprimentos que serão necessários para realizar cada atividade; estimar as durações das atividades, que é o processo de estimativa do número de períodos de trabalho que serão necessários para terminar atividades específicas com os recursos estimados; desenvolver o cronograma, que é o processo de análise das sequências das atividades, suas durações, recursos necessários e restrições do cronograma visando criar o modelo do cronograma do projeto; e, controlar o cronograma, que é o processo de monitoramento do andamento das atividades do projeto para atualização no seu progresso e gerenciamento das mudanças feitas na linha de base do cronograma para realizar o planejado.

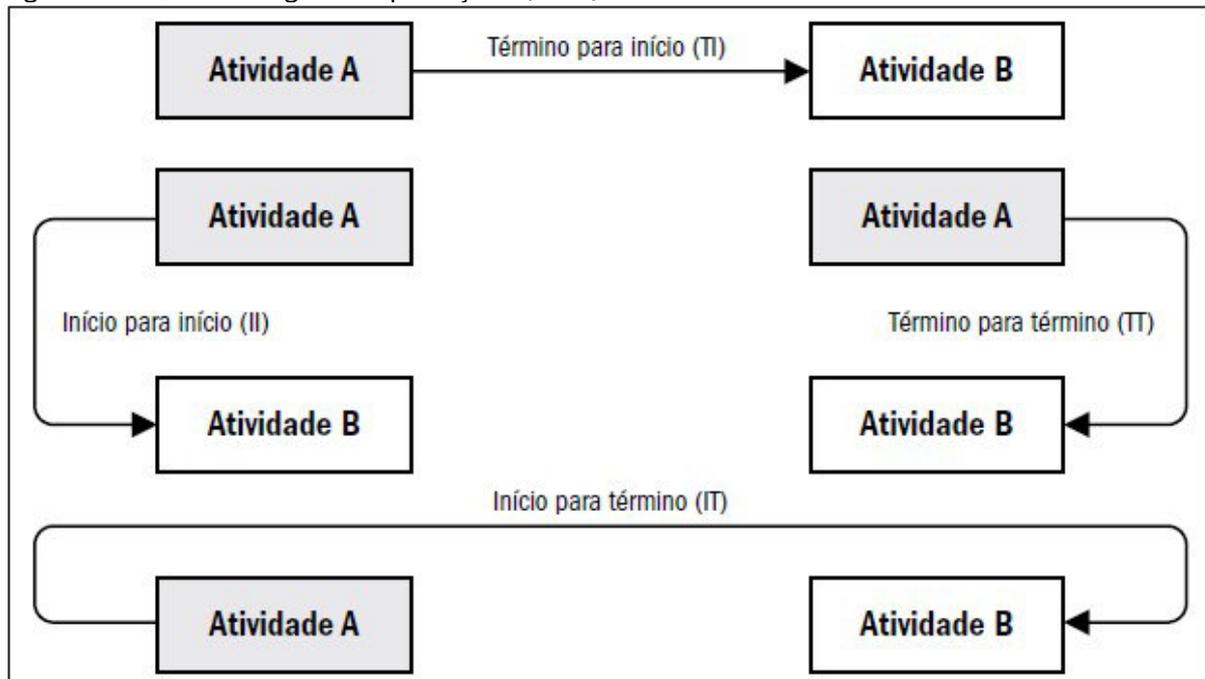
Ainda, segundo o PMBOK (2013), os processos de gerenciamento do tempo do projeto e suas ferramentas e técnicas associadas são documentados no plano de gerenciamento do cronograma.

Algumas das metodologias de elaboração do cronograma mais conhecidas incluem o método do caminho crítico (MCC) e o método da corrente crítica (CCM). O desenvolvimento do cronograma do projeto usa as saídas dos processos para definir e sequenciar as atividades, estimar os recursos e as durações das atividades em combinação com a ferramenta de cronograma para produzir o modelo do cronograma.

Todas as atividades e marcos, com exceção do primeiro e do último, devem ser conectados a pelo menos um predecessor com uma relação lógica término para início ou início para início e a pelo menos um sucessor com uma relação lógica término para início ou término para término. As relações lógicas devem ser projetadas para criar um cronograma de projeto realista.

O método do diagrama de precedência (MDP), ilustrado na figura 12, é uma técnica usada para construir um modelo de cronograma em que as atividades são representadas por nós e ligadas graficamente por um ou mais relacionamentos lógicos para mostrar a sequência em que as atividades devem ser executadas.

Figura 12 - Método do diagrama de precedência (MDP).



Fonte: PMBOK (2013).

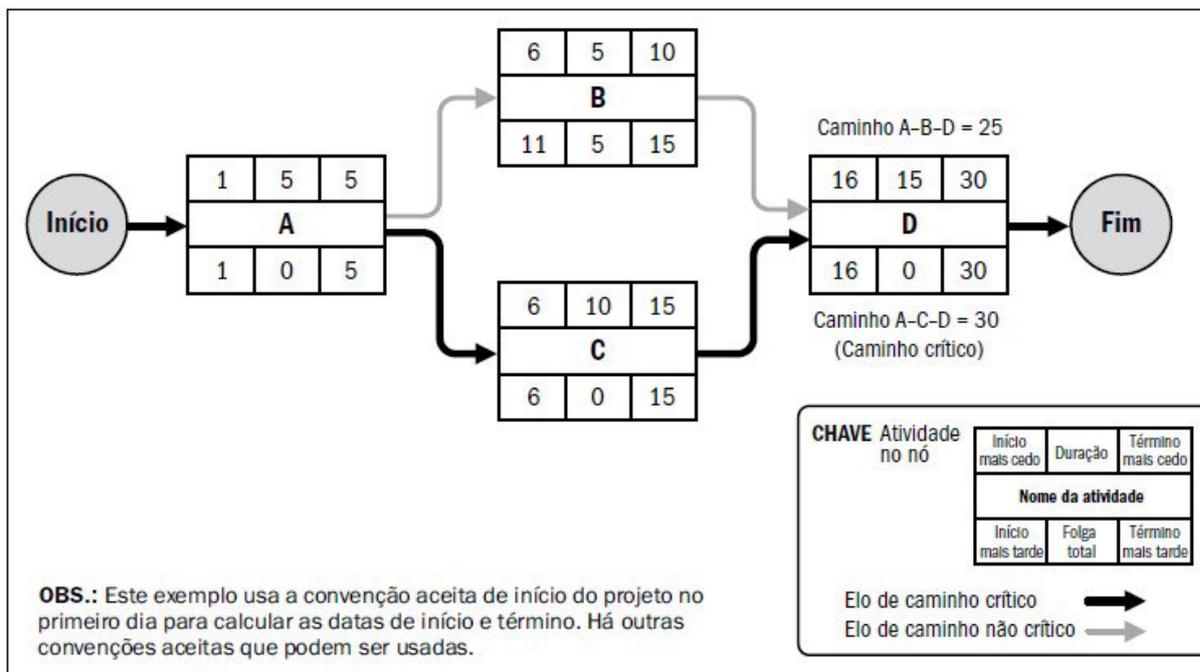
O MDP inclui quatro tipos de dependências ou relacionamentos lógicos. Uma atividade predecessora é uma atividade que vem antes de uma atividade dependente. E, uma atividade sucessora é uma atividade dependente que vem depois de outra atividade em um cronograma: Término para Início - TI (relacionamento lógico em que uma atividade sucessora não pode começar até que uma atividade predecessora tenha terminado); Término para Término - TT (relacionamento lógico em que uma atividade sucessora não pode terminar até que a atividade predecessora tenha terminado); Início para Início - II (relacionamento lógico em que uma atividade sucessora não pode ser iniciada até que uma atividade predecessora tenha sido iniciada); Início para Término - IT (relacionamento lógico em que uma atividade sucessora não pode ser terminada até que uma atividade predecessora tenha sido iniciada).

Segundo o PMBOK (2013), o processo estimar os recursos das atividades é estreitamente coordenado com o processo estimar os custos. E, estimar as durações das atividades é o processo de estimativa do número de períodos de trabalho que serão necessários para terminar atividades específicas com os recursos estimados. O principal benefício deste processo é fornecer a quantidade de tempo necessária para concluir cada atividade. A estimativa das durações das atividades utiliza informações sobre as atividades do escopo do trabalho, tipos de recursos necessários, quantidades estimadas e calendários de

recursos. E, desenvolver o cronograma e o processo de análise de sequências das atividades, suas durações, recursos necessários e restrições.

O método do caminho crítico (figura 13), que é um método usado para estimar a duração mínima do projeto e determinar o grau de flexibilidade nos caminhos lógicos da rede dentro do modelo do cronograma. É, uma técnica de análise que calcula as datas de início e término mais cedo e início e término mais tarde, para todas as atividades, sem considerar quaisquer limitações de recursos, executando uma análise dos caminhos de ida e de volta através da rede do cronograma.

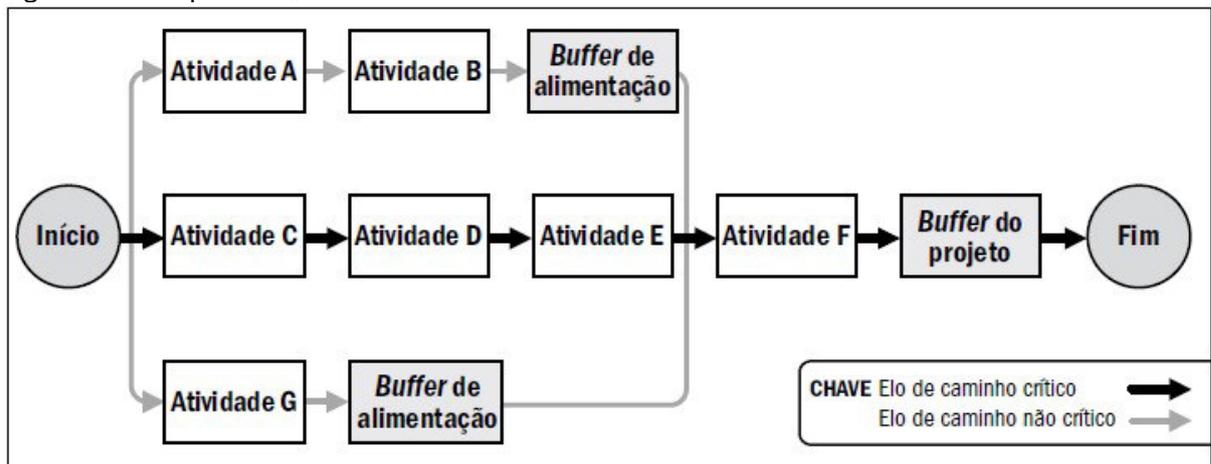
Figura 13 - Exemplo de método do caminho crítico



Fonte: PMBOK (2013).

O método da corrente crítica - CCM (figura 14) é um método de cronograma que permite que a equipe do projeto crie buffers (reservas) ao longo de qualquer caminho do cronograma para levar em consideração recursos limitados e incertezas do projeto. É desenvolvido a partir da abordagem do método de caminho crítico e considera os efeitos da alocação de recursos, otimização de recursos, nivelamento de recursos, e incertezas na duração de qualquer atividade do caminho crítico.

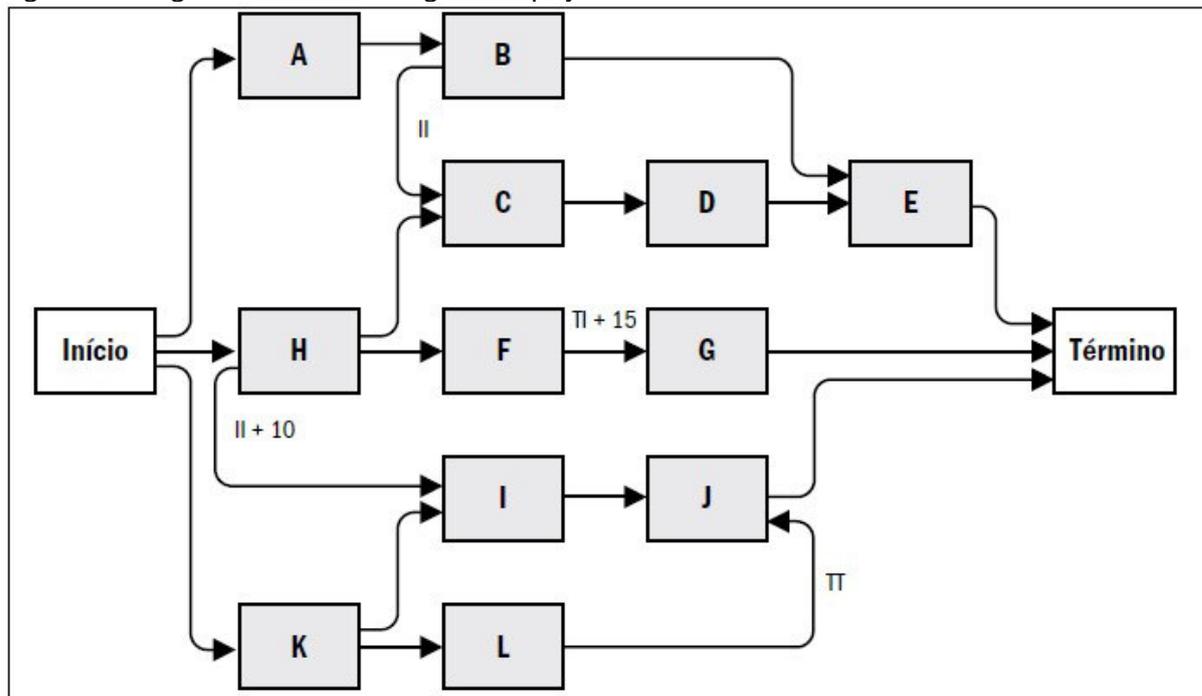
Figura 14 - Exemplo de método do caminho crítico



Fonte: PMBOK (2013).

Ferramentas automatizadas para o desenvolvimento do cronograma contêm o modelo do cronograma e aceleram o processo de desenvolvimento do mesmo, gerando datas de início e término baseadas nas entradas das atividades, diagramas de rede (figura 15), recursos e durações das atividades usando a análise de rede do cronograma. Uma ferramenta de elaboração do cronograma pode ser usada em conjunto com outros aplicativos de software de gerenciamento de projetos assim como com métodos manuais.

Figura 15 - Diagrama de rede do cronograma do projeto

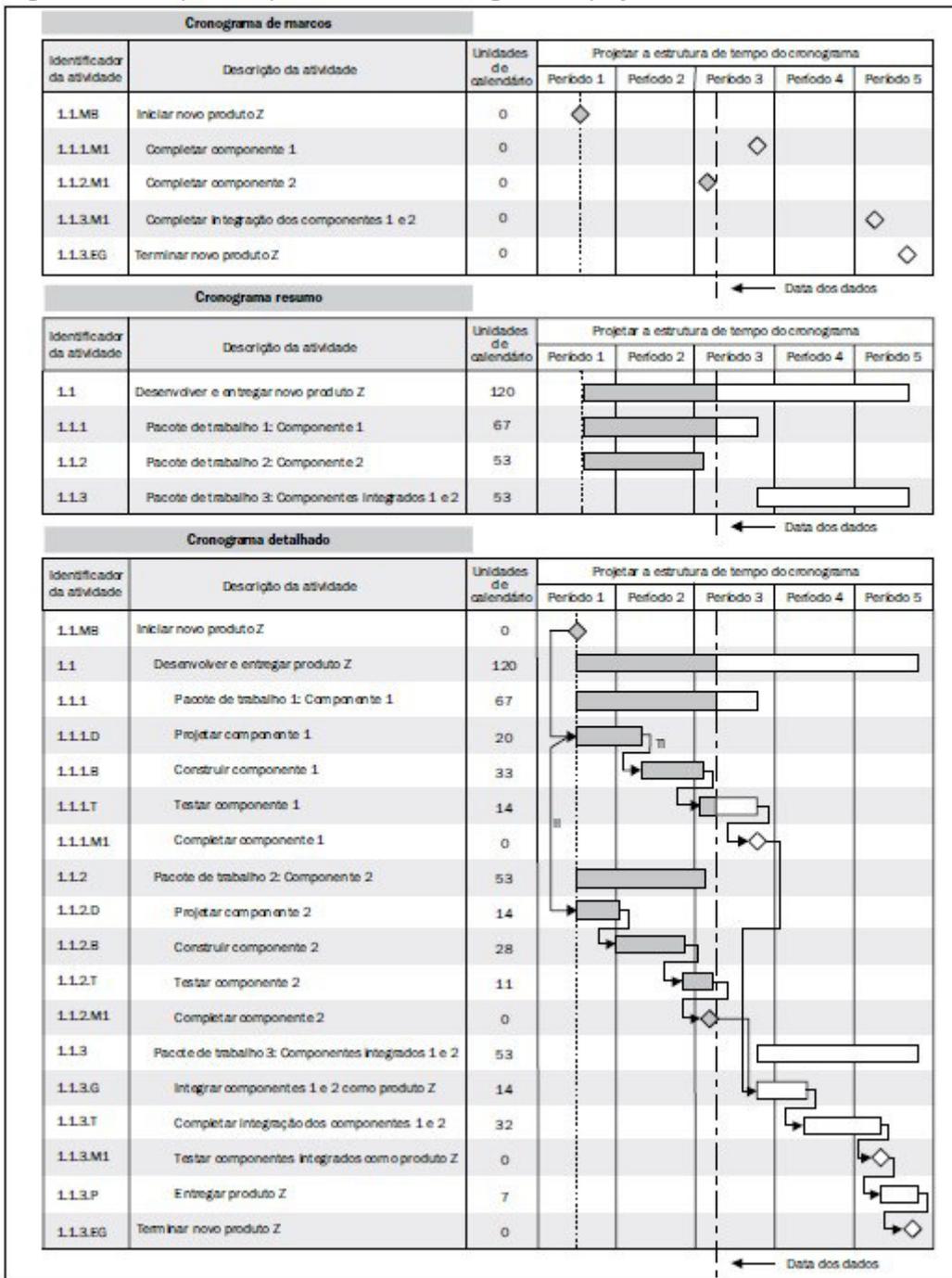


Fonte: PMBOK (2013).

Embora um modelo do cronograma de projeto possa ser apresentado em formato tabular, ele é com mais frequência apresentado graficamente, usando-se um ou mais dos seguintes formatos, que são classificados como apresentações: os gráficos de barras, também conhecidos como Diagramas de Gantt (representam as informações do cronograma em que as atividades são listadas no eixo vertical, as datas são mostradas no eixo horizontal, e as durações das atividades aparecem como barras horizontais posicionadas de acordo com as datas de início e término); os gráficos de marcos (assemelham-se aos gráficos de barras, porém identificam somente o início ou término agendado para as entregas mais importantes e interfaces externas chave); os diagramas de rede (são geralmente apresentados no formato de diagrama de atividade no demonstrando atividades e relações sem uma escala de tempo).

A figura 16 mostra exemplos de apresentações de cronogramas do projeto. E, visualmente, as relações entre os três diferentes níveis de apresentação do cronograma.

Figura 16 - Exemplos de apresentações do cronograma do projeto



Fonte: PMBOK (2013).

Segundo o PMBOK (2013), controlar o cronograma é o processo de monitoramento do andamento das atividades do projeto para atualizá-lo no seu progresso e gerenciamento das mudanças feitas na linha de base do cronograma para realizar o planejado. Qualquer mudança na linha de base do cronograma somente pode ser aprovada através do processo realizar o controle integrado de mudanças. Controlar o cronograma, como um componente do processo realizar o controle integrado de mudanças, está relacionado com: a

determina²o da situa²o atual do cronograma do projeto; a influ²ncia nos fatores que criam mudan²as no cronograma; a determina²o se houve mudan²a no cronograma do projeto; e, o gerenciamento das mudan²as reais – medida que elas ocorrem.

2.2.3 Gerenciamento dos Custos do Projeto

A an²lise de custos pode ser expressa em diferentes unidades referenciais, sendo a de maior utiliza²o a unidade monet²ria. Por²o, nada impede que ela seja expressa em unidades n²o monet²rias a serem gastas na materializa²o do projeto, por exemplo, hora de trabalho (BARBOSA, NASCIMENTO, ABDOLLAHYAN, & PONTES, 2014).

De acordo com PMBOK (2013), o gerenciamento dos custos do projeto inclui os processos envolvidos em planejamento, estimativas, or²amentos, financiamentos, gerenciamento e controle dos custos, de modo que o projeto possa ser terminado dentro do or²amento aprovado.

A vis²o geral dos processos de gerenciamento dos custos do projeto, inclui: planejar o gerenciamento dos custos; estimar os custos; determinar o or²amento; e, controlar os custos. O gerenciamento dos custos do projeto preocupa-se principalmente com o custo dos recursos necess²rios para completar as atividades do projeto.

Planejar o gerenciamento dos custos ²o processo de estabelecer as pol²ticas, os procedimentos e a documenta²o necess²rios para o planejamento, gerenciamento, despesas, e controle dos custos do projeto. O principal benef²cio deste processo ²o fornecimento de orienta²o e instru²es sobre como os custos ser²o gerenciados ao longo de todo o projeto.

O plano de gerenciamento do projeto cont²o informa²es usadas para desenvolver o plano de gerenciamento dos custos que incluem: a linha de base do escopo (com o gerenciamento do escopo do projeto e os detalhes da EAP para a estimativa e gerenciamento dos custos); a linha de base do cronograma (que define quando os custos do projeto ser²o incorridos); e outras decis²es sobre custos, riscos e comunica²es relacionadas com o desenvolvimento dos custos a partir do plano de gerenciamento do projeto. O plano de gerenciamento dos custos tamb²o pode detalhar maneiras de financiar os recursos do projeto tais como execu²o, aquisi²o, aluguel ou arrendamento. As t²ecnicas podem incluir, ainda, o per²odo de reembolso, retorno sobre o investimento, taxa interna de retorno, fluxo de caixa descontado e valor presente l²quido.

Os processos de gerenciamento dos custos do projeto e suas ferramentas e técnicas associadas são documentados no plano de gerenciamento dos custos. Por exemplo, o plano de gerenciamento dos custos pode estabelecer os limites de variação para monitoramento do desempenho de custo (que podem ser especificados para indicar uma quantidade de variação combinada a ser permitida antes que alguma ação seja necessária); e, os formatos e frequências para vários relativos de custos.

Estimar os custos é o processo de desenvolvimento de uma estimativa dos recursos monetários necessários para executar as atividades do projeto. O principal benefício deste processo é a definição dos custos exigidos para concluir os trabalhos do projeto.

As estimativas de custo são um prognóstico baseado na informação conhecida num determinado momento. O que incluem a identificação e a consideração das alternativas de custo para iniciar e terminar o projeto. Compensações de custos e riscos devem ser consideradas, tais como fazer versus comprar, comprar versus alugar, e o compartilhamento de recursos para alcançar custos otimizados para o projeto. Os custos são estimados para todos os recursos que serão cobrados do projeto. Isso inclui, a mão de obra, materiais, equipamentos, serviços e a instalações, assim como a categorias especiais como provisões para inflação, custos de recursos financeiros ou custos de contingências.

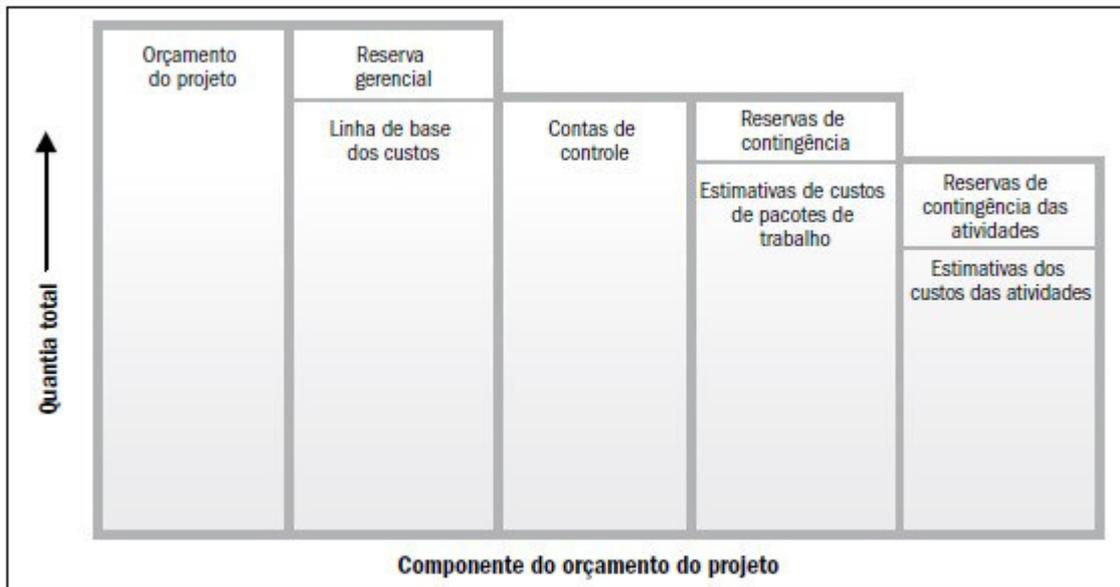
O tipo e a quantidade dos recursos e a quantidade de tempo que esses recursos são aplicados para completar o trabalho do projeto são fatores primordiais na determinação do custo do projeto. Os recursos das atividades do cronograma e suas respectivas durações são usados como entradas chave, considerando, a disponibilidade de pessoal, a quantidade de horas de pessoal exigidas, e as quantidades de material necessárias para executar as atividades.

Determinar o orçamento é o processo de agregação dos custos estimados de atividades individuais ou pacotes de trabalho para estabelecer uma linha de base dos custos autorizada. O principal benefício deste processo é a determinação da linha de base dos custos para o monitoramento e controle do desempenho do projeto.

Informações contratuais aplicáveis e custos relacionados a produtos, serviços ou resultados que foram ou serão comprados são incluídos durante a determinação do orçamento.

A Figura 17 ilustra os vários componentes do orçamento do projeto e a linha de base dos custos.

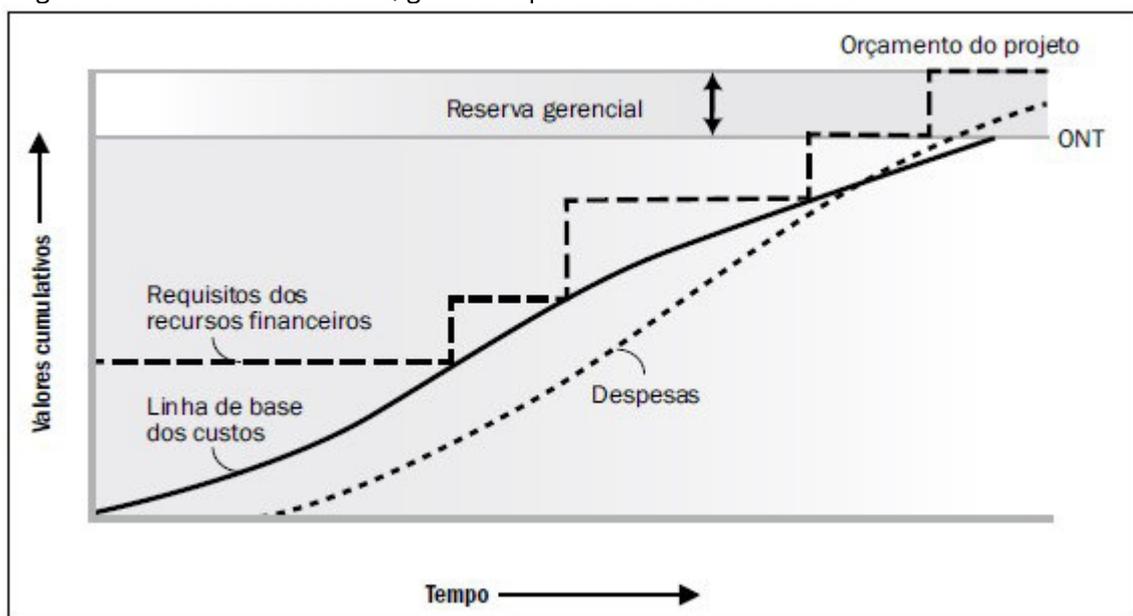
Figura 17 - Componentes do orçamento do projeto



Fonte: PMBOK (2013).

As estimativas dos custos dos pacotes de trabalho juntamente com quaisquer reservas de contingência são agregadas às contas de controle. O somatório das contas de controle constitui a linha de base dos custos. As estimativas dos custos que constituem a linha de base estão diretamente ligadas às atividades do cronograma, permitindo uma visualização referencial da linha de base dos custos que é normalmente mostrada na forma de uma curva em S (figura 18).

Figura 18 - Linha de base de custos, gastos e requisitos de recursos financeiros



Fonte: PMBOK (2013).

Ainda, segundo o PMBOK (2013), controlar os custos é o processo de monitoramento do andamento do projeto para atualizá-lo no seu orçamento e gerenciamento das mudanças feitas na linha de base de custos. O principal benefício deste processo é fornecer os meios de se reconhecer a variação do planejado a fim de tomar medidas corretivas e preventivas, minimizando assim o risco.

A atualização no orçamento requer o conhecimento dos custos reais gastos até a presente data. A maior parte do esforço despendido no controle de custos envolve a análise da relação entre o consumo dos fundos do projeto e o trabalho físico sendo realizado para tais gastos. A chave para o controle eficaz de custos é o gerenciamento da linha de base aprovada e das mudanças na mesma. O controle de custos do projeto inclui monitorar o desempenho do trabalho em relação aos recursos financeiros gastos, com o propósito de levar os excessos de custos não previstos para dentro dos limites aceitáveis.

O valor planejado é o orçamento autorizado designado para o trabalho a ser executado para uma atividade ou componente da estrutura analítica do projeto. Esse orçamento é designado por fase no decorrer de todo o projeto, mas, em um determinado momento, o valor planejado define o trabalho físico que deveria ter sido executado. O total do valor planejado algumas vezes é chamado de linha de base de medição do desempenho. O valor total planejado para o projeto também é conhecido como orçamento no término (ONT).

O custo real é o custo realizado incorrido no trabalho executado de uma atividade, durante um período específico. O custo real deve corresponder em definição ao que foi orçado para o valor planejado e medido. As variáveis a partir da linha de base aprovada serão monitoradas, observando: a variação de prazos (que é a quantidade de adiantamento ou atraso do projeto em relação à data de entrega planejada, em um determinado momento); a variação de custos (a variação de custos no final do projeto será a diferença entre o orçamento no término (ONT) e a quantia real gasta).

A variação de custo indica a relação entre o desempenho físico e os custos gastos.

2.2.4 Gerenciamento da Qualidade do Projeto

Segundo o PMBOK (2013), o gerenciamento da qualidade do projeto inclui os processos e as atividades da organização executora que determinam as políticas de qualidade, os objetivos e as responsabilidades, de modo que o projeto satisfaça as necessidades para as

quais foi empreendido. O gerenciamento da qualidade do projeto usa as políticas e procedimentos para a implementação, no contexto do projeto, do sistema de gerenciamento da qualidade da organização e, de maneira apropriada, das atividades de melhoria do processo contínuo como empreendido no interesse da organização executora. O gerenciamento da qualidade do projeto trabalha para garantir que os requisitos do projeto sejam cumpridos e validados.

Uma visão geral dos processos de gerenciamento da qualidade do projeto, incluem: planejar o gerenciamento da qualidade; realizar a garantia da qualidade; e, realizar o controle da qualidade.

O gerenciamento da qualidade do projeto aborda o gerenciamento do projeto e suas entregas. Ele se aplica a todos os projetos, independentemente da natureza das suas entregas. As medidas e técnicas de qualidade são específicas do tipo de entrega produzida pelo projeto. Por exemplo, o gerenciamento da qualidade das entregas de software pode usar abordagens e medidas diferentes das utilizadas na construção de uma usina nuclear. Nos dois casos, deixar de cumprir os requisitos pode ter consequências negativas e graves para uma ou todas as partes interessadas do projeto.

As abordagens modernas de gerenciamento da qualidade buscam minimizar a variação e entregar resultados que cumpram os requisitos definidos. Essas abordagens reconhecem a importância, por exemplo, de:

é Prevenção ao invés de inspeção. Significa que a qualidade deve ser planejada, projetada e criada, e não inspecionada no gerenciamento do projeto ou nas entregas do projeto. 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.

é Custo da qualidade (CDQ). O custo da qualidade se refere ao custo total do trabalho de conformidade e do trabalho de não conformidade que deve ser executado como um esforço compensatório porque, na primeira tentativa de execução do trabalho, existe a possibilidade de que alguma parte do trabalho requerido não seja realizado ou seja executado incorretamente. Os custos da qualidade do trabalho devem ser incorridos ao longo de todo o ciclo de vida da entrega. Por exemplo, as decisões tomadas pela equipe do projeto podem influenciar os custos operacionais associados ao uso de uma entrega completa. Os custos da qualidade pós-projeto podem ser incorridos como resultado das

devoluções dos produtos, reclamações de garantia, e campanhas de recall. Assim sendo, em virtude da natureza temporária dos projetos e os benefícios potenciais que podem ser obtidos através da redução do custo da qualidade por projeto, as organizações patrocinadoras podem decidir investir na melhoria da qualidade do produto. Esses investimentos são geralmente feitos nas áreas de trabalho de conformidade que atuam para impedir defeitos ou mitigar os custos através da inspeção das unidades não-conformes.

Planejar o gerenciamento da qualidade é o processo de identificação dos requisitos e/ou padrões de qualidade do projeto e suas entregas, e de documentação de como o projeto demonstrar conformidade com os relevantes requisitos e/ou padrões de qualidade. O principal benefício desse processo é o fornecimento de orientação e instruções sobre como a qualidade será gerenciada e validada ao longo de todo o projeto.

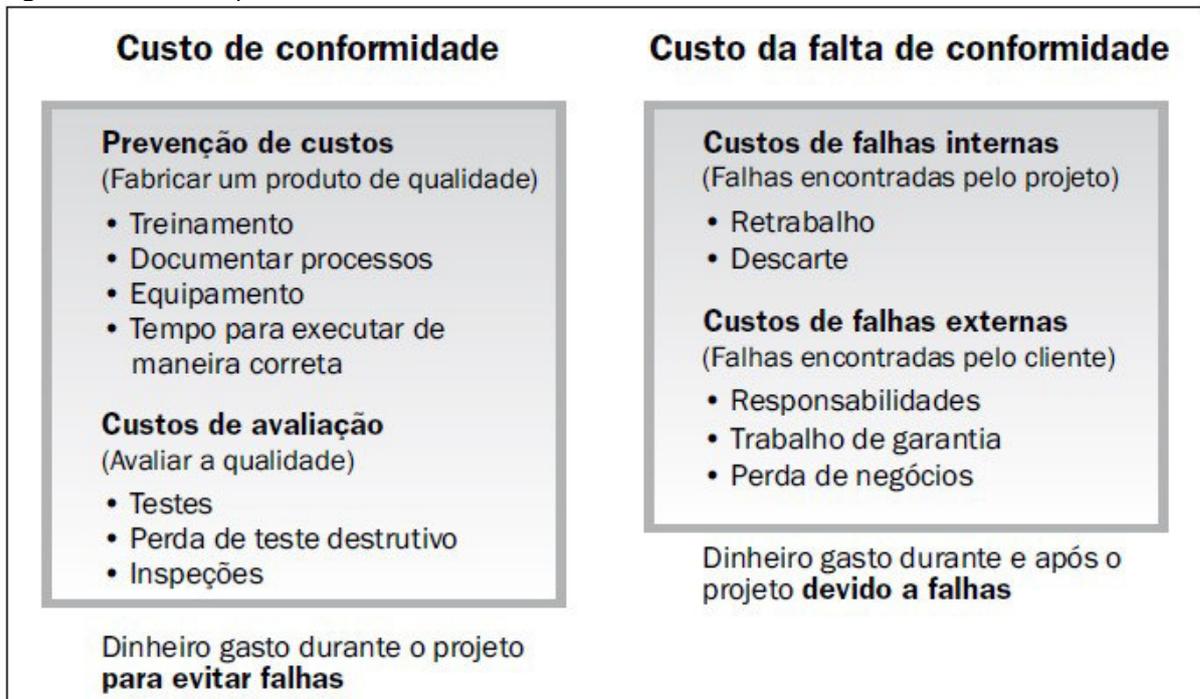
O planejamento da qualidade deve ser realizado em paralelo com os outros processos de planejamento. Por exemplo, modificações propostas nas entregas para atender aos padrões de qualidade identificados podem exigir ajustes nos custos ou cronogramas e uma análise de riscos detalhada do seu impacto nos planos.

A especificação do escopo contém a descrição do projeto, as principais entregas do projeto e os critérios de aceitação. O escopo frequentemente contém detalhes de questões técnicas e outras preocupações que podem afetar o planejamento da qualidade e que deveriam ter sido identificados nos processos de planejamento no gerenciamento do escopo do projeto. A definição dos critérios de aceitação pode aumentar ou diminuir significativamente os custos da qualidade e, assim sendo, os custos do projeto. Os principais benefícios do cumprimento dos requisitos de qualidade incluem menos retrabalho, maior produtividade, custos mais baixos, aumento da satisfação das partes interessadas e aumento de lucratividade.

Uma análise do custo-benefício para cada atividade de qualidade compara o custo da etapa de qualidade com o benefício esperado. O custo da qualidade inclui todos os custos incorridos durante a vida do produto através de investimentos na prevenção do não-cumprimento dos requisitos, na avaliação do produto ou serviço quanto ao cumprimento dos requisitos, e ao não-cumprimento dos requisitos (retrabalho). Os custos de falhas geralmente são categorizados como internos (encontrados pelo projeto) e externos (encontrados pelo cliente). Os custos de falhas também são chamados de custos de má qualidade.

A Figura 19 fornece alguns exemplos a serem considerados em cada área.

Figura 19 - Custo da qualidade



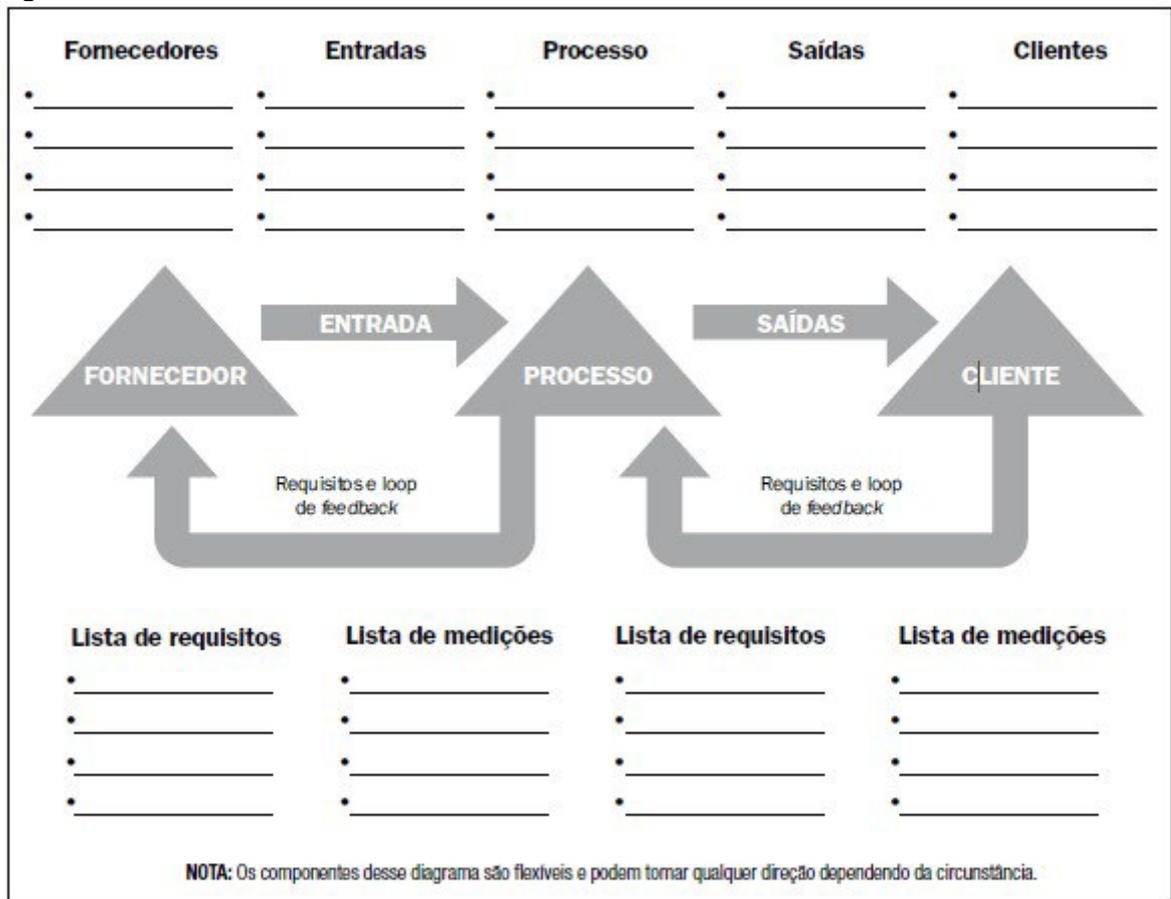
Fonte: PMBOK (2013).

As sete ferramentas de qualidade básicas, também conhecidas no setor como as sete ferramentas do CQ, são usadas no contexto do ciclo PDCA para solucionar problemas de qualidade. Como ilustrado de forma conceitual na Figura 20, as sete ferramentas de qualidade básicas são:

é (1) Diagramas de causa e efeito: também conhecidos como diagramas de espinha de peixe ou diagramas de Ishikawa. A especificação do problema colocada na cabeça da espinha de peixe é usada como um ponto de partida para seguir a fonte do problema até sua causa-raiz acionável. As causas podem ser encontradas olhando para a especificação do problema e perguntando "Por quê?" Até que a causa-raiz acionável seja identificada ou até que as possibilidades razoáveis em cada diagrama de espinha de peixe sejam esgotadas. Os diagramas espinha de peixe são frequentemente feitos na conexão dos efeitos indesejáveis vistos como uma variação especial - causa atribuível sobre a qual as equipes de projeto devem implementar ações corretivas para eliminar a variação especial detectada em um gráfico de controle.

é (2) Fluxogramas: também chamados de mapas de processos, porque eles mostram a sequência de etapas e as possibilidades ramificadas existentes para um processo que transforma uma ou mais entradas em uma ou mais saídas. Os fluxogramas mostram as atividades, os pontos de decisão, os loops de ramificação, os caminhos paralelos e a ordem geral do processamento, através do mapeamento dos detalhes operacionais de procedimentos que existem dentro de uma cadeia de valor com elos horizontais de um modelo SIPOC (Figura 20).

Figura 20 - O modelo SIPOC



Fonte: PMBOK (2013).

é (3) Folhas de verificação: também conhecidas como folhas de resultados que podem ser usadas como uma lista de verificação durante a coleta de dados. As folhas de verificação são usadas para organizar os fatos de uma maneira que facilite a coleta eficaz de dados úteis sobre um possível problema de qualidade.

é (4) Diagramas de Pareto: As categorias mostradas no eixo horizontal existem como uma distribuição de probabilidades variáveis que representam 100% das possíveis observações. As frequências das ocorrências de cada causa especificada

listada no eixo horizontal diminuem em grandeza até que a fonte padrão intitulada `outra_ responsabilize-se por quaisquer causas não especificadas. O diagrama de Pareto é normalmente organizado em categorias para medir frequências ou consequências.

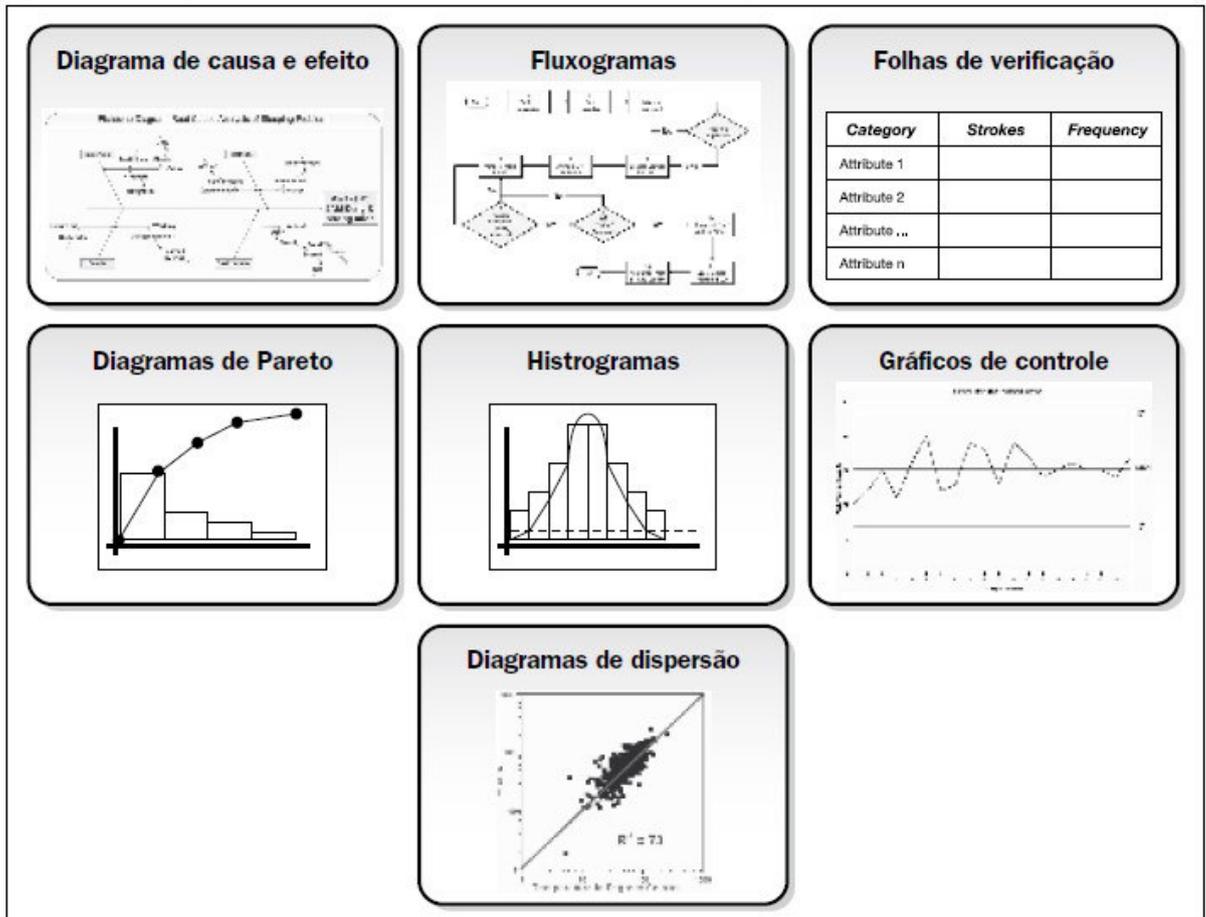
é (5) Histogramas: são gráficos de barras usados para descrever a tendência central, o grau de dispersão e o formato de uma distribuição estatística.

é (6) Gráficos de controle: são usados para determinar se um processo está estável ou se tem um desempenho previsível. Os limites de especificação superior e inferior se baseiam nos requisitos do acordo. Eles refletem os valores máximo e mínimo permitidos.

é (7) Diagramas de dispersão: plotam pares ordenados (X, Y) e são às vezes chamados de gráficos de correlação porque eles pretendem explicar uma mudança na variável dependente, Y , em relação a uma mudança observada na variável independente correspondente, X . A direção de correlação pode ser proporcional (correlação positiva), inversa (correlação negativa), ou um padrão de correlação pode não existir (correlação zero). Se a correlação puder ser estabelecida, uma linha de regressão pode ser calculada e usada para estimar como uma mudança na variável independente influenciará o valor da variável dependente.

A figura 21 mostra um exemplo conceitual de cada uma das 7 ferramentas da qualidade.

Figura 21 - Exemplo conceitual de cada uma das sete ferramentas da qualidade.



Fonte: PMBOK (2013).

Outras ferramentas de planejamento da qualidade são usadas para definir os requisitos de qualidade e planejar atividades de gerenciamento da qualidade eficazes. Elas incluem:

- é Brainstorming: essa técnica é usada para gerar ideias;
- é Análise do campo de forças: esses são diagramas das forças a favor e contra a mudança.
- é Técnica de grupo nominal: essa técnica é usada para permitir que as ideias passem pelo brainstorming em pequenos grupos e depois sejam analisadas por um grupo maior;
- é Ferramentas de gerenciamento e controle da qualidade: essas ferramentas são usadas para conectar e sequenciar as atividades identificadas;
- é As equipes dos projetos fazem reuniões de planejamento para desenvolver o plano de gerenciamento da qualidade.

O plano de melhorias no processo detalha as etapas de análise dos processos de gerenciamento de projetos para identificar as atividades que aumentam o seu valor. As áreas a serem consideradas incluem: limites do processo (descrevem a finalidade do processo, seu início e fim, suas entradas e saídas, o responsável pelo processo e as partes interessadas do processo); configuração do processo (fornece uma representação gráfica dos processos, com interfaces identificadas, usada para facilitar a análise); métricas do processo (junto com os limites de controle, permite a análise da eficiência do processo); metas para melhoria do desempenho (orientam as atividades de melhorias no processo).

Uma métrica da qualidade especificamente descreve um atributo de projeto ou produto e como o processo de controle da qualidade o medirá. A medição é um valor real. A tolerância define as variações aceitáveis na métrica. Por exemplo, se o objetivo de qualidade é ficar dentro do orçamento aprovado em $\pm 10\%$, a métrica de qualidade específica é usada para medir o custo de cada entrega e determinar a variação percentual do orçamento aprovado para tal entrega. As métricas da qualidade são usadas nos processos de garantia da qualidade e de controle da qualidade. Alguns exemplos de métricas da qualidade incluem desempenho dentro do prazo, controle dos custos, frequência de defeitos, taxa de falhas, disponibilidade, confiabilidade e cobertura de testes.

As listas de verificação da qualidade são ferramentas estruturadas, geralmente específicas do componente, usadas para verificar se um conjunto de etapas necessárias foi executado. Com base nos requisitos do projeto e nas práticas, as listas de verificação podem ser simples ou complexas. Muitas organizações têm listas de verificação padronizadas disponíveis para garantir a consistência em tarefas realizadas com frequência. As listas de verificação da qualidade devem incorporar os critérios de aceitação incluídos na linha de base do escopo.

Realizar a garantia da qualidade é o processo de auditoria dos requisitos de qualidade e dos resultados das medições de controle de qualidade para garantir o uso dos padrões de qualidade e definições operacionais apropriados. O processo realizar a garantia da qualidade implementa um conjunto de ações e processos planejados e sistemáticos dentro do plano de gerenciamento da qualidade do projeto.

A garantia de qualidade contribui para o estado de certeza sobre a qualidade ao impedir os defeitos nos processos de planejamento ou ao eliminar tais defeitos na inspeção realizada durante a etapa trabalho-em-andamento de implementação. Realizar a garantia da

qualidade é um processo de execução que usa dados criados durante os processos planejar o gerenciamento da qualidade e controlar a qualidade.

Uma auditoria da qualidade é uma revisão estruturada e independente para determinar se as atividades do projeto estão cumprindo as políticas, os processos e os procedimentos da organização e do projeto. Os objetivos de uma auditoria da qualidade podem incluir:

- é Identificar todas as boas e melhores práticas sendo implementadas;
- é Identificar todas as não conformidades, lacunas e deficiências;
- é Compartilhar as boas práticas introduzidas ou implementadas em projetos similares na organização e/ou no setor;
- é Oferecer apoio proativo de forma positiva para melhorar a implementação de processos, a fim de ajudar a equipe a aumentar a produtividade; e
- é Destacar as contribuições de cada auditoria no repositório de lições aprendidas da organização.

Controlar a qualidade é o processo de monitoramento e registro dos resultados da execução das atividades de qualidade para avaliar o desempenho e recomendar as mudanças necessárias. O processo controlar a qualidade usa um conjunto de técnicas e tarefas operacionais para verificar se a saída entregue cumprir os requisitos.

A garantia da qualidade deve ser usada durante as fases de planejamento e execução do projeto para transmitir a confiança de que os requisitos da parte interessada serão cumpridos, e o controle da qualidade deve ser usado durante a fase de execução e encerramento para demonstrar formalmente, com dados confiáveis, que os critérios de aceitação do cliente foram cumpridos.

A equipe de gerenciamento do projeto pode ter um conhecimento prático de processos de controle estatístico da qualidade, para avaliar os dados contidos nas saídas de qualidade do controle. Entre outros assuntos, é recomendável que a equipe conheça as diferenças entre os seguintes termos:

- é Prevenção (manter os erros fora do processo) e inspeção (manter os erros fora do alcance do cliente).
- é Amostragem de atributos (o resultado está em conformidade ou não está em conformidade) e amostragem de variáveis (o resultado é classificado em uma escala contínua que mede o grau de conformidade).

é Tolerâncias (uma faixa especificada de resultados aceitáveis) e limites de controle (que identificam os limites de variação comum em um processo estatisticamente estável ou desempenho do processo).

Uma inspeção de qualidade é o exame de um produto de trabalho para determinar se o mesmo está em conformidade com os padrões documentados. Os resultados de uma inspeção geralmente incluem medições e podem ser conduzidos em qualquer nível.

3 ESTUDO DE CASO

3.1 Caracterização da Empresa

A empresa a qual foi realizada o estudo de caso foi fundada em 2011 e atua no segmento de geração de energia elétrica a partir da fonte eólica. Possui uma capacidade de 27,75 MW, a partir de 15 turbinas eólicas com capacidade unitária de 1,85 MW.

De acordo com o Operador Nacional do Sistema Elétrico - ONS (2014), a data de entrada em operação comercial, depois de concluída todas as etapas de implantação das turbinas eólicas, era para início de maio de 2015. A energia prevista para gerar pela empresa foi comercializada no Leilão de Energia de Reserva - LER A-3/2011, conforme mostra a Tabela 3.

Tabela 3 - Destaque, com as características Principais da empresa do estudo de caso.

NOVOS EMPREENDIMENTOS (IMPLANTAÇÕES E AMPLIAÇÕES) DECORRENTES DE LEILÕES DE GERAÇÃO (2005 A 2015)							
Usina	TIPO	LEILÃO	Pot. (MW)	Preço (R\$/MW)	Localização	Fonte	Invest. Previsto
EOL Angical	Reserva	Leilão 3/2011	16,00	99,98	Pindaí/BA	Vento	67.582.050,00
EOL Caititu	Reserva	Leilão 3/2011	20,80	99,98	Pindaí/BA	Vento	36.837.700,00
EOL Coqueiros	Reserva	Leilão 3/2011	22,40	96,97	Pindaí/BA	Vento	39.671.180,00
EOL Corupião	Reserva	Leilão 3/2011	22,40	96,97	Pindaí/BA	Vento	94.474.680,00
EOL Inhambu	Reserva	Leilão 3/2011	25,60	96,97	Caetitê/BA	Vento	45.335.050,00
EOL Tamanduá Mirim	Reserva	Leilão 3/2011	24,00	96,97	BA	Vento	42.501.610,00
EOL Teiu	Reserva	Leilão 3/2011	17,60	99,98	Pindaí/BA	Vento	74.230.250,00

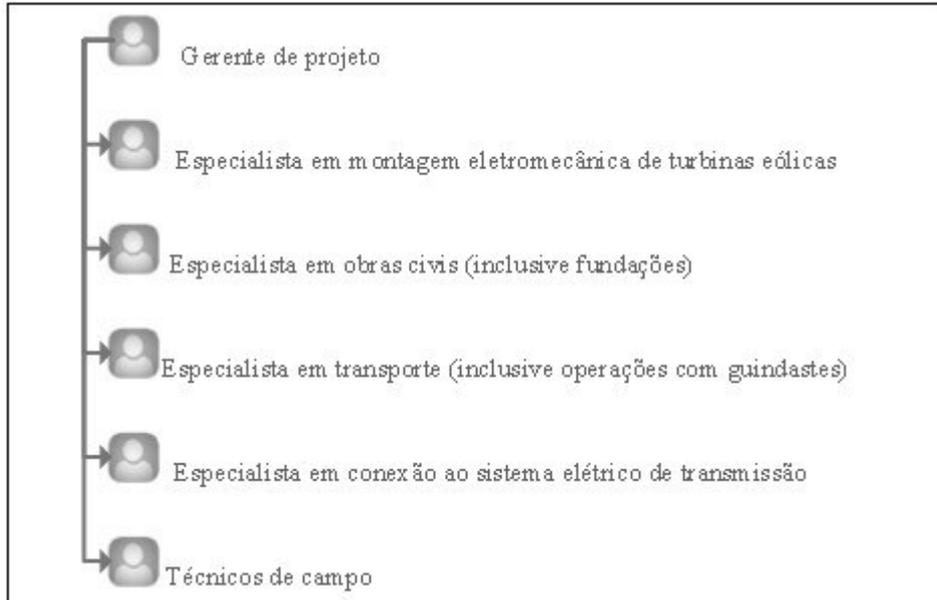
Fonte: MME, (2011).

Em fevereiro de 2012 O Ministério de Minas e Energia (MME) autorizou o citado parque eólico a se estabelecer como produtor independente de energia elétrica mediante autorização do Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) a se conectar ao Sistema Interligado Nacional (SIN).

A equipe própria da empresa dedicada a implantação é relativamente pequena, conforme ilustra a figura 22.

Basicamente, apenas, um gerente com conhecimento amplo de todas as fases da montagem das turbinas, para controlar todo o fluxo de informações, e coordenar os trabalhos para que estejam alinhados com o plano estratégico da empresa.

Figura 22 - Representação da equipe dedicada a montagem das turbinas eólicas.



Fonte: Elaboração própria do Autor.

Assim, necessariamente a pessoa para essa posição, independentemente de sua formação (engenharia elétrica, engenharia mecânica, engenharia civil, engenharia de energias renováveis, administração de empresas), deve ter uma grande vivência na área. Particularmente em termos de montagem das turbinas (montagem eletromecânica), que é a parte mais sensível do negócio, esse gerente deveria ter capacidade de escolher adequadamente os melhores equipamentos e configuração a serem utilizados. Bem como capacidade e tempo para analisar e controlar os processos.

O especialista em montagem de turbinas eólicas para cuidar exclusivamente do controle das especificações técnicas da turbina homologada e contratada para o projeto, precisa atuar, considerando: controlar a especificação do dimensionamento da torre, com relação a altura prevista e a composição de internos; controlar o tipo de gerador, com seus sistemas interligados; controlar o recebimento do modelo de caixa de velocidades `gear box_, devido a necessidade de controle da rastreabilidade em função da especificação de local ideal para montagem da turbina eólica; controle das especificações técnicas das peças no recebimento e na montagem, devido a possíveis danos superficiais e estruturais, desobstrução do sistema de drenagem, a existência e a interligação dos sistema de para-raios, a correta instalação dos

parafusos de ancoragem, lubrificação e a funcionalidade do sistema posicionamento e de manobra de modo a permitir a correta operação da turbina com base no projeto aerodinâmico; controlar os critérios de aplicação de torques, considerando a especificação técnica dos parafusos para cada flange de junção das partes mecânicas, além, do controle de tensionamento nos parafusos de ancoragem da fundação; controlar a especificação técnica e a correta instalação da instrumentação (relacionado ao monitoramento e controle da turbina) e do sistema de potência (relacionado a interligação elétrica no interior da turbinas e, para conexão da mesma, ao sistema elétrico de transmissão); e, por fim, os ajustes preparatórios para entrada em operação da turbina, como, alinhamento de gerador (que se trata da correta instalação de um acoplamento flexível, que interliga o eixo do gerador ao eixo principal do rotor, cuja função é a transmissão da energia cinética ao gerador). A formação específica deste profissional pode ser deste um técnico eletromecânico, um montador especialista com experiência na atividade ou engenheiros. Neste caso, a função foi desempenhada por um engenheiro mecânico, com experiência em controle de qualidade na montagem de turbinas eólicas de vários fabricantes do mercado.

O especialista em obras civis para construção dos acessos internos e externos ao parque eólico, com especialidade em fundações. A fundação é uma estrutura construída em concreto armado, sob condições rígidas de controle de qualidade, considerando: as propriedades geológicas do terreno, em termos de suporte de carga em condições dinâmicas da turbina operando durante 20 anos de vida; critérios de escavação e reaterro, considerando especificações do material de reposição; e, a fabricação, transporte, aplicação e controle de cura do concreto. A formação do profissional é engenharia civil, com experiência em movimento de terra, fundações, pontes, etc.

O especialista em transporte devido complexidade de transporte das partes da turbina. Considerando não só as interferências entre o porto e o local de montagem, mas, também, as especificações para a correta operação com guindastes na carga e descarga, critérios de estocagem antes e durante os processos de montagem, a correta aplicação de acessos para o içamento das partes de modo a prevenir possíveis danos que possam interferir no processo de montagem, seja com reparações não programadas, seja por necessidade de reposição de peças durante a montagem. O especialista em transporte precisa conhecer bem as parametrizações rodoviárias para tipos de carga transportada, especialmente, com relação a limitações legais (nos acessos externo e internos do parque eólico; e, para as limitações técnicas do equipamento usado, especialmente, com relação ao traslado entre

fundações e a ancoragem de guindastes na plataforma de montagem nas bases das turbinas eólicas.

O especialista em conexão ao sistema elétrico de transmissão, é um engenheiro eletricitista com experiência em construção e operação de sistemas elétricos de baixa e alta tensão. Em sistemas de potência, devido a construção de subestações elevadoras e bay de conexão (infraestrutura elétrica associada ao Sistema Interligado Nacional - SIN para interligação aos sistemas isolados).

Os técnicos de campo precisam de habilitação para o trabalho em altura, que deverá ter como responsabilidade a montagem e comissionamento das turbinas eólicas. Os técnicos precisam ter formação formal (curso técnico) em mecânica e elétrica.

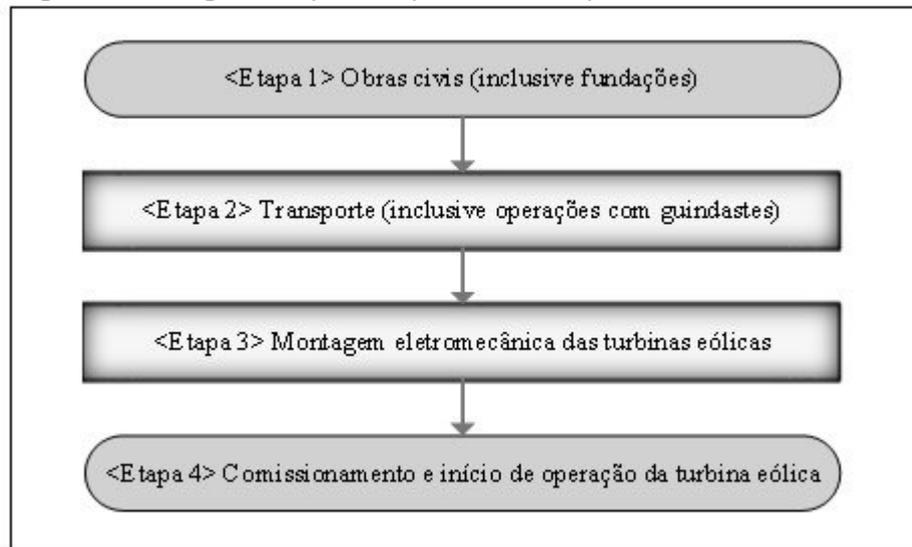
Com a crescente demanda no setor de energia eólica, e com o parque eólico sendo construídos em locais cada vez mais longínquos das fábricas das turbinas, com este parque eólico não foi diferente. Foi construído no município de Pindaó, localizado na região da Serra Geral, sudoeste do estado da Bahia. É um Município de pequeno porte com cerca de 16.000 habitantes sendo, aproximadamente, 4.000 vivendo em zona urbana e 12.000 da zona rural. Sendo assim um município com uma zona rural extensa particularizando sua grande cultura agrícola. A distância de Pindaí a capital do Estado é de 726 km.

Dessa forma, o presente estudo foi realizado durante a fase de montagem das turbinas eólicas. Vale destacar que a previsão da quantidade de turbinas montadas por semana era de 5 unidades. E o cronograma planejado para a montagem das turbinas tinha duração de 4 semanas.

3.2 Caracterização do processo produtivo da empresa

O processo de montagem das turbinas eólicas, caracterizando o processo da empresa do estudo de caso, está dividido nas etapas apresentadas no fluxograma da figura 23.

Figura 23 - fluxograma do processo produtivo da empresa.



Fonte: Elaboração própria do Autor.

A seguir será detalhado cada etapa do processo produtivo, com seus respectivos subprocessos.

3.2.1 Obras civis (inclusive fundações)

Antes de começar a montagem das turbinas eólicas algumas etapas de desenvolvimento do projeto precisam ser executadas. Basicamente, precisa ser feito:

é Prospecção de áreas com viabilidade - que consiste em analisar e selecionar áreas que serão utilizadas para o desenvolvimento dos projetos e parques eólicos;

é Campanha de coleta e medição - com a participação de profissionais experientes, a coleta e análise dos dados são realizadas por meio de torres anemométricas que seguem as normas da ANEEL, EPE e IEC - International Electrotechnical Commission.

é Estudos complementares - consiste na execução de estudos de topografia, geotecnia e de resgate arqueológico das áreas dos parques eólicos;

é Estudos elétricos e de conexão - rede básica - consiste na elaboração do projeto básico da infraestrutura elétrica dos parques eólicos e da linha de conexão - rede básica (Sistema Interligado Nacional - SIN);

é Simulação do parque eólico - nesta fase é feita a elaboração dos estudos de 'Micrositing' por meio da utilização de softwares conhecidos, como, WindPRO, WASP.

é Licença ambiental - consiste na execução de estudos para obtenção de licenciamentos ambientais para implantação e operação das turbinas eólicas.

A figura 24 mostra exemplos de execução das obras civis na montagem de turbinas eólicas.

Figura 24 - Exemplos de obras civis na montagem de turbina eólica.

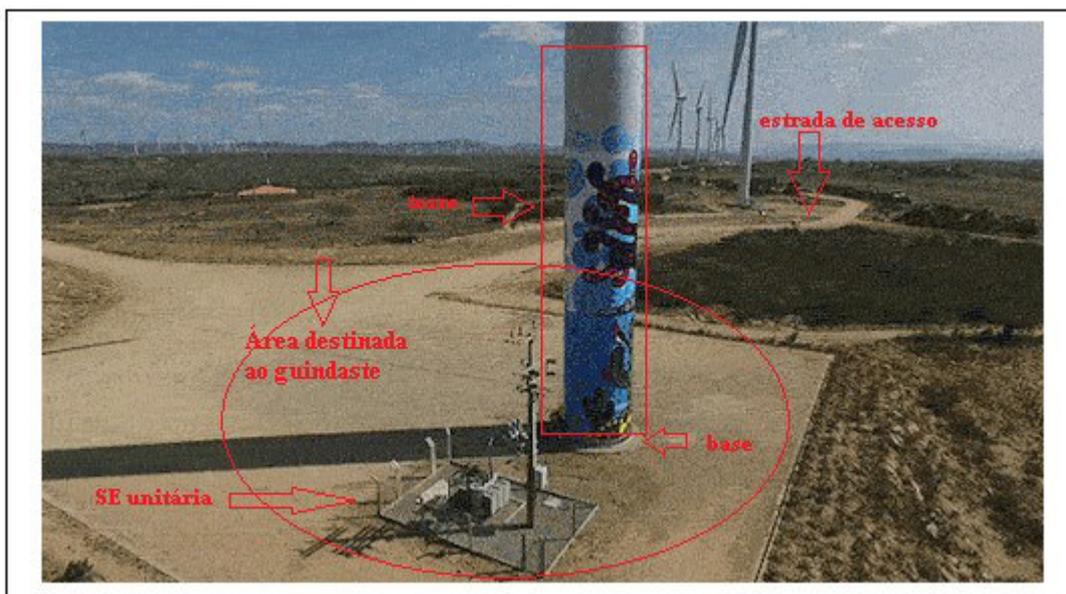


Fonte: Elaboração própria do Autor.

A construção dos acessos é o primeiro passo na execução do escopo das obras civis de um parque eólico. Sem os acessos não é possível chegar ao local onde será construída a fundação, para executar a escavação, o concreto magro (camada de concreto que isola a face inferior da fundação do contato direto com o solo), a construção da fundação (armadura e concreto) e o reaterro da base (etapa final de construção da fundação).

A figura 25 ilustra os elementos do parque eólico depois de executadas as obras civis. A plataforma de montagem é uma área destinada ao guindaste durante a montagem da turbina eólica. A base é composta pela fundação e a plataforma de montagem.

Figura 25 - Elementos de um parque eólico depois de executada as obras civis.



Fonte: www.ge.com/br/renewable-energy

A plataforma de montagem, também, abriga a SE unitária. Que é o ponto de conexão da turbina eólica com a rede elétrica que tem a função de escoar a energia gerada. A estrada de acesso (acesso interno) é construída para suportar o tráfego de carretas e guindastes durante a construção. E, durante o tempo de operação, permite somente o tráfego de carros leves.

3.2.2 Transporte (inclusive operaçãoes com guindastes)

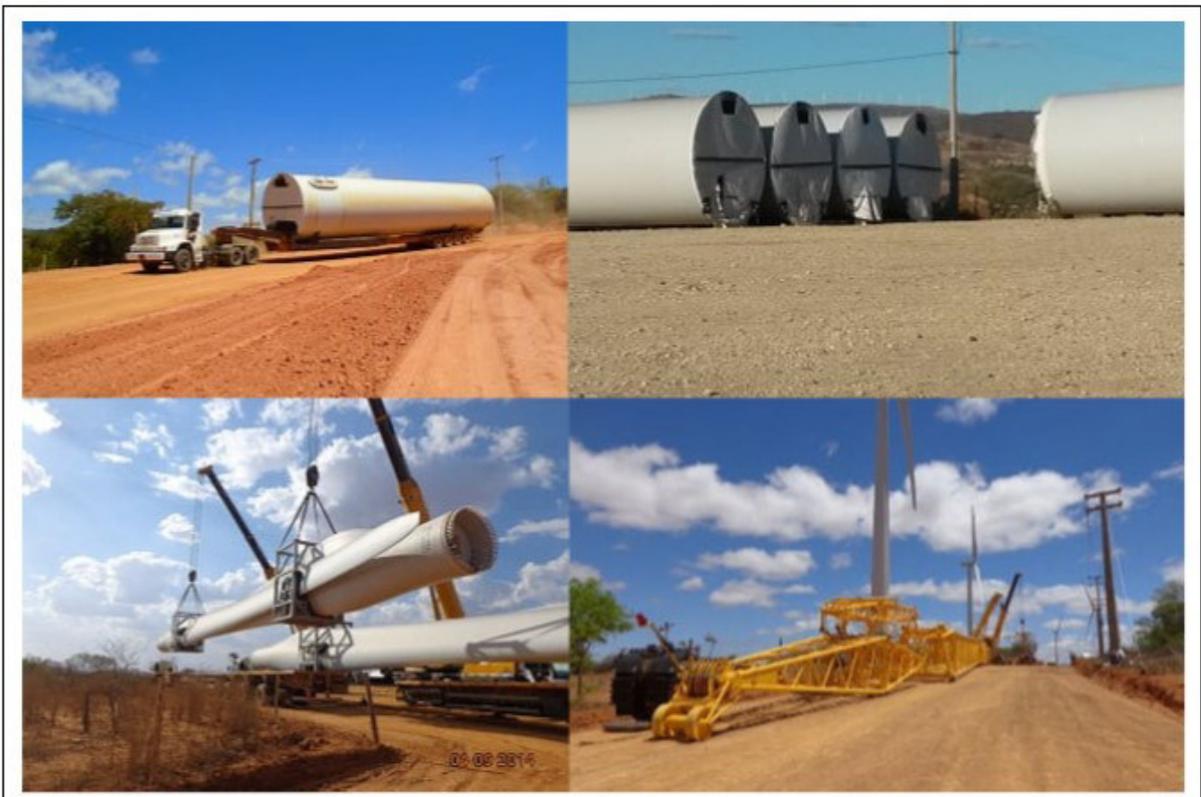
Normalmente os parques eólicos não são construídos próximos das fabricas dos componentes da turbina eólica. As partes das torres, as pás, a nacelle, e as outras partes da turbina são transportadas por longas distancias. Principalmente, o transporte rodoviário precisa ser controlado devido a condições das estradas, que podem causar danos superficiais (riscos na pintura devido ao tráfego em rodovias de pista simples, pela proximidade com as margens com vegetação, etc.) e até mesmo estruturais (deformações nas partes cilíndricas, ou dano de fibra, no caso do transporte de pás).

Neste caso, considera-se o transporte de uma área de estocagem externa ao parque eólico até a plataforma de montagem da turbina eólica. As partes da torre (T1, T2 e T3) são transportados individualmente (01 de cada vez). As pás podem ser transportadas em pares, acondicionadas em suporte específico, de modo que o balanço e as vibrações sofridas durante o transporte não causem defeitos, a ponto de inutilizar o componente para montagem. O

guindaste principal é transportado desmontado, e requer que o planejamento da montagem da turbina destine um tempo extra de preparação do guindaste que montará a turbina eólica (um guindaste de esteira, com capacidade de carga de 1600 toneladas, pode levar até 10 dias para ficar em condições ideais de operação).

A figura 26 mostra exemplos do transporte no acesso interno de um parque eólico; o transporte das pás; uma área de estocagem próxima ao parque eólico (neste caso, já aconteceu o transporte de longa distância, a partir de um porto); e, a lança de um guindaste desmontada, devido a mudança de base, caracterizando o Término para Início - TI da montagem das turbinas eólicas.

Figura 26 - Exemplos de transporte na montagem de turbina eólica.



Fonte: Elaboração própria do autor.

No programa de controle de qualidade da montagem das turbinas eólicas, a parte destinada ao transporte é chamada inspeção de recebimento. Nessa inspeção são verificados itens de conformidades relacionados a notas fiscais (como identificação correta do parque eólico e número de série dos componentes), inspeção visual para identificar possíveis danos devido ao transporte, e, identificação e contagem de acessos transportados separadamente.

3.2.3 Montagem eletromecânica das turbinas eólicas

A montagem eletromecânica, assim é chamada porque, apesar dos processos de montagem mecânica e elétrica acontecerem de forma distintas, mas a turbina eólica como um todo é um dispositivo eletromecânico. A turbina eólica é composta das seguintes partes:

é Torre - é a parte responsável pela sustentação da turbina. Neste caso, a torre é composta de três partes, chamadas de T1 (o segmento inferior, que funciona fixado por meio de parafusos de ancoragem na fundação), T2 (o segmento intermediário), e, T3 (o segmento superior, responsável pela sustentação da nacelle). A parte interna da torre é passagem para os circuitos elétricos de potência e comando. O T1 abriga painéis elétricos de comando, para manobras operacionais em caso de intervenções de manutenção. E os painéis elétricos de interface com a rede de transmissão da energia gerada pela turbina eólica.

é Nacelle - é a parte da turbina que abriga o gerador e o sistema mecânico de transmissão, responsáveis pela transformação da energia cinética (devido à rotação do rotor) em energia elétrica (devido às propriedades elétricas do gerador). A nacelle, também, abriga um sistema hidráulico de freios do rotor; um sistema de lubrificação comandados eletricamente; a instrumentação de monitoramento da intensidade e direção do vento, vibrações e temperatura; é passagem para o Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas - SPDA; um sistema eletromecânico de posicionamento em relação à direção do vento.

é Rotor - é a parte da turbina responsável pela captação da energia cinética do vento. Funciona montado na parte frontal da nacelle. As propriedades aerodinâmicas das pás permitem o máximo de aproveitamento da energia apesar das variações das velocidades do vento. As pás são comandadas, por dispositivos eletromecânicos, sincronizados, de modo a ajustar a rotação do rotor aos parâmetros ideais de operação.

A figura 27 mostra exemplos da execução dos processos de montagem eletromecânica das turbinas eólicas.

Figura 27 - Exemplos de montagem eletromecânica da turbina eólica.



Fonte: Elaboração própria do autor.

No modelo de turbina deste estudo de caso, a montagem elétrica se resume, basicamente, em interligação dos barramentos (condutores rígidos que transmitem a energia gerada em Baixa Tensão, do gerador na nacelle até o painel elétrico de interface com o transformador elevador na base da turbina; conexão elétrica de painéis de comando; montagem de baterias, do comando elétrico auxiliar; e, interligação do sistema de proteção da turbina (SPDA e aterramento).

3.2.4 Comissionamento e início de operação da turbina eólica

O comissionamento é o processo final da montagem eletromecânica. Normalmente, acontece em duas etapas. Primeiro, com o chamado comissionamento a frio (que são ajustes e testes realizados com a turbinas ainda desligada da rede elétrica de transmissão) e a segunda etapa é o comissionamento a quente (que são os testes de operação realizados na fase inicial de operação, com a turbina eólica conectada à rede elétrica de transmissão de energia). Neste estudo de caso, como simplificação, está considerado como atividades de comissionamento os processos mecânicos de tensionamento (que é o processo de aperto dos parafusos de ancoragem a partir do alongamento, por meio de um dispositivo hidráulico associado a um relógio comparador para realizar a leitura das medidas); o controle de torque (no caso da junção de flanges dos segmentos, da nacelle e torre, e da nacelle e rotor, aplica-se pesos de torque controlado são necessárias como forma de manter o regime de trabalho

dos parafusos, durante a operação da turbinas, nos limites de tensão admissível); e, alinhamento do gerador (é um processo de alinhamento de pontas de eixos na interligação mecânica do eixo do gerador com o eixo principal do rotor, por meio de um acoplamento flexível). A figura 28 mostra exemplos da execução dos processos de comissionamento e início de operação das turbinas eólicas.

Figura 28 - Exemplos de comissionamento na montagem de turbina eólica.



Fonte: Elaboração própria do autor.

O início de operação da turbina eólica depende, além dos processos de montagem já descritos nesta seção, da conexão elétrica da turbina com a rede de transmissão de energia elétrica. O modelo de turbina deste estudo de caso, não possui um transformador elevador de tensão elétrica. O transformador encontra-se na plataforma de montagem, e a interface com a rede de transmissão é feita em Baixa Tensão - BT (aproximadamente, 700 Volts).

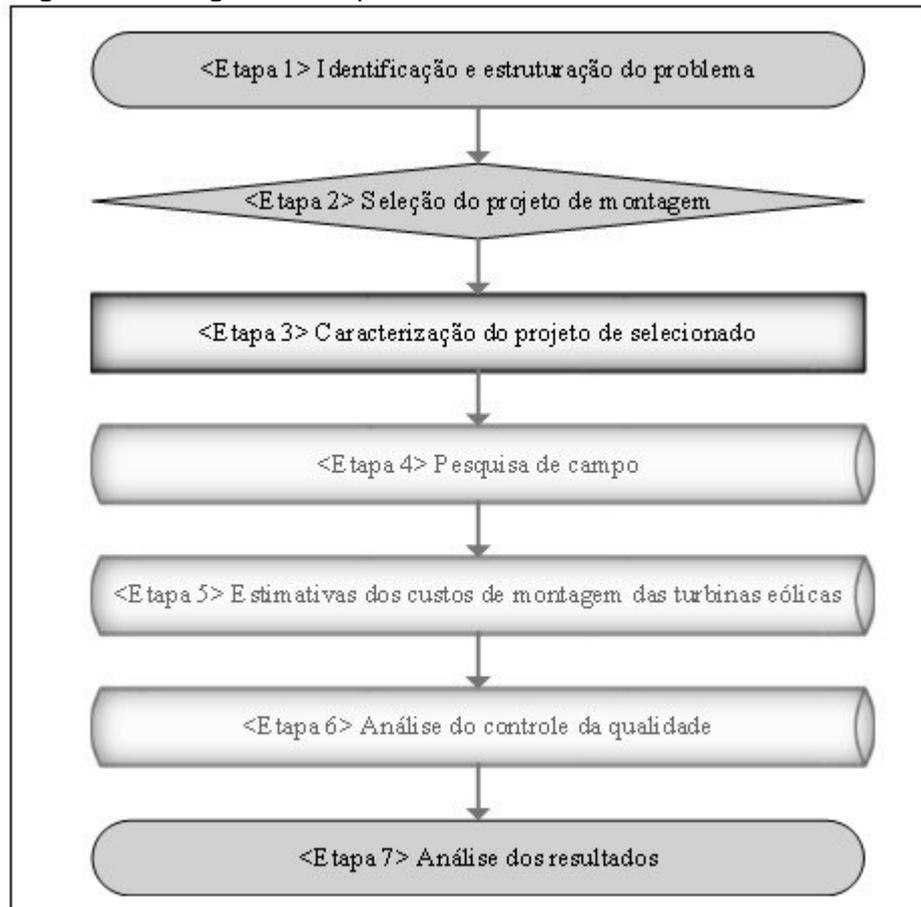
Para o monitoramento remoto, da turbina eólica durante a operação, é usado o software Scada. Onde é possível verificar o status de operação, com tempo contínuo de operação e das paradas, além, de simular testes de serviços.

O processo início de operação marca o início da operação comercial da turbina eólica, conforme o contrato de venda de energia estabelecido no leilão no qual o projeto foi vencedor.

3.3 Etapas do Estudo de Caso

Este trabalho trata da fase de montagem das turbinas eólicas. Foram as seguintes etapas desenvolvidas neste Estudo de Caso, conforme fluxograma de processo apresentado na figura 29.

Figura 29 - Fluxograma das etapas do Estudo de Caso.



Fonte: Elaborado e apropriado pelo autor.

3.3.1 Identificação e estruturação do problema

Um problema é uma situação indesejável e geralmente inesperada que pode ocorrer em processos, criando barreiras para que as metas previamente estabelecidas sejam alcançadas. Para este estudo de caso, que se trata de um projeto de montagem eletromecânica de 15 turbinas eólicas, no interior do Estado da Bahia, foram identificadas algumas situações que podem influenciar no resultado final do projeto, tais como:

é Grande distância entre o porto mais próximo, com capacidade de escoamento das partes das turbinas, e o local de montagem - cerca de 500 km;

é Os estudos geotécnicos do local apontaram muitas variações planialtimétrica - região de montanhas, o que pode ser um complicador para execução das obras civis (incluindo detonações no processo de abertura das estradas e construção das fundações);

é As estradas de acessos, na maioria com faixas simples, pode ser um complicador para o transporte das partes das turbinas eólicas

é Região com baixas disponibilidades de recursos, tais como, oficinas de usinagem, soldagem, fibra, pinturas industriais, etc. (para executar reparos nas partes da turbina, em caso de danos provocados pelo transporte e movimentação com guindastes); alguma necessidade de reposição de ferramental; e, pouca disponibilidade de mão de obra especializada;

é Região com nenhuma disponibilidade para aquisição de equipamentos de transporte e guindastes;

é Região com potencial de incidências de ventos fortes para o período planejado para montagem das turbinas eólicas, podendo causar interrupções na operação com guindastes.

Para este projeto eólico, o tipo de turbina escolhida possui uma potência de 1,85 MW, com a torre medindo, aproximadamente, de 80 m de altura, dividida em (3) torções (T1, T2 e T3). Nacelle com caixa de velocidades (gear box) e rotor com torções. O transporte inclui as seções T1, T2 e T3, nacelle e o rotor, dividido em torções e um hub (cubo). Um guindaste com capacidade de carga de 500 toneladas (LTM 1500) monta T1 e T2; e, um guindaste com capacidade de carga de 600 toneladas (LR 1600) monta T3, nacelle e rotor.

3.3.2 Seleção do projeto de montagem

A maioria dos grandes parques eólicos já construído no Brasil estão localizados em regiões litorâneas. Sem a necessidade de grandes adequações nos acessos e com relativa baixa complexidade na execução das obras civis (inclusive as fundações).

As vantagens em construir nas regiões litorâneas no Brasil são muitas, o que inclui:

é Facilidades de acesso, com estradas adequadas e proximidades de portos;

é Facilidades na aquisição de insumos, com rede de distribuição próximas;

é Maior disponibilidade de mão de obra especializada.

é Facilidades na aquisição de equipamentos de transportes, guindastes e ferramental.

As desvantagens, podem estar relacionadas, especialmente, a fatores de conservação de equipamentos. A proximidade do mar pode ocasionar aumento nas intervenções de manutenção, causando impacto em indicadores de disponibilidade da turbina eólica.

O projeto deste estudo de caso está localizado numa região do interior do Brasil, distante cerca de 500 km do porto mais próximo, numa região com baixa disponibilidade de recursos necessários para a montagem das turbinas.

Do ponto de vista de transporte, foram construídos cerca de 40 km de acesso externo até uma área de estocagem. Para depois distribuir cada parte da turbina nas suas respectivas bases.

Principalmente, para o guindaste LR 1600 que se desloca com velocidade média de pouco mais de 1 km/h, se limitando a pouca inclinação, a mudança de base é uma atividade que requer controles.

Este projeto foi selecionado, principalmente, pela complexidade no transporte das partes da turbina até o local de montagem, e, pela complexidade na operação com guindastes de grande porte, especialmente, por se tratar de uma região de montanha com muitas variações planialtimétricas entre as bases das turbinas eólicas.

3.3.3 Caracterização do projeto selecionado

O projeto consiste na execução de processos de montagem eletromecânica de 15 turbinas eólicas. Os serviços serão executados em três pacotes distintos: transporte, montagem T1 e T2 (LTM 1500) e Montagem de T3, nacelle e rotor (LR 1600).

A equipe de montagem inclui:

é 01 gerente de projeto responsável por coordenar e integrar as equipes técnicas dos pacotes de serviços da montagem, gerenciando as comunicações entre as partes interessadas, o escopo do projeto, o tempo, o custo e a qualidade;

é 01 especialista em transporte (inclusive operábeis com guindastes) - responsável por garantir que as tarefas planejadas e as designábeis do transporte sejam concluídas no prazo, no orçamento, e dentro dos padrões de qualidade para o pessoal sob sua esfera de controle e influência. O especialista em transporte deve ter conhecimento dos princípios e práticas de transporte das partes de turbinas eólicas e operábeis com guindastes (movimentação e içamento, deslocamento do guindaste entre bases, etc.);

é 01 especialista em montagem eletromecânica de turbinas eólicas - responsável por garantir que as tarefas planejadas e as designábeis da montagem sejam concluídas no prazo, no orçamento, e dentro dos padrões de qualidade para o pessoal sob sua esfera de controle e influência. O especialista em montagem eletromecânica deve ter conhecimento dos princípios e práticas de montagem eletromecânica de turbinas eólicas, considerando, o posicionamento e fixação de peças, aplicação e controle de torques em parafusos, aplicação e controle de tensionamento em parafusos de ancoragem, alinhamento de eixos e montagem de acoplamentos, regulagem do sistema de freios, lubrificação, içamento de cabos, conectorização, instalação de instrumentação e comissionamento de sistemas;

é Técnicos de campo - atuar como técnico de campo realizando as atividades necessárias para a execução do transporte e da montagem das turbinas eólicas. Os técnicos de campo devem ter conhecimento dos princípios e práticas para realizar montagem eletromecânica das turbinas, observando a execução dos planos de segurança do trabalho, de meio ambiente e de controle de qualidade.

Os requisitos de qualidade do projeto incluem duas inspeções com a aplicação de listas de verificação padronizadas e aprovadas pela equipe de gerenciamento do projeto. A primeira inspeção acontece na conclusão do transporte, onde são verificados possíveis danos. Feita a aceitação (ausência de não conformidades), o transporte recebe uma certificação. A segunda inspeção é realizada na conclusão da montagem, onde são verificados a aplicação do tensionamento nos parafusos de ancoragem e o torque nos parafusos dos flanges, na junção T1/T2, T2/T3, T3/nacelle, p/Hub e nacelle/roto, conforme a tabela de especificação aprovada pelo projeto da turbina; regulagem do sistema de freios e lubrificação; instalação elétrica e da instrumentação, o que inclui, os ajustes de suportes de cabos e equipamentos elétricos, instalação do Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas - SPDA e aterramento, verificação de conectores e barras de interligação, etc. e limpeza geral da turbina

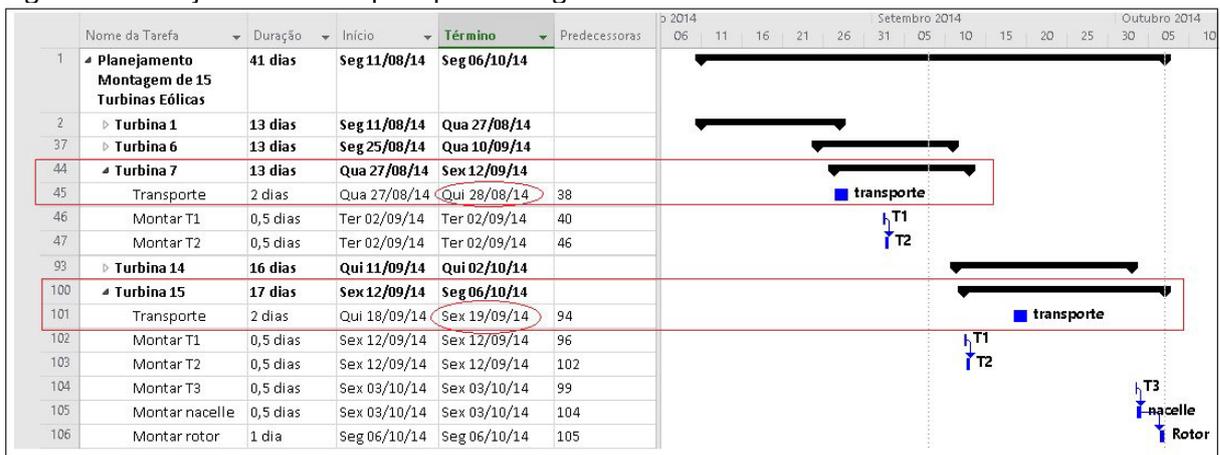
eficaz. Além, da verificação do alinhamento do gerador em relação ao eixo principal do rotor. Feita a aceitação, a montagem recebe uma certificação.

O cronograma planejado para executar o transporte e montagem eletromecânica das 15 turbinas eólicas foi definido para durar 7 (sete) semanas. Iniciando com o transporte e terminando com a entrada em operação comercial da turbina eólica.

A partir da coleta de dados na documentação de planejamento do projeto, foram construídos os gráficos com os cronogramas previstos para execução dos pacotes de serviços contratados para realizar a montagem eletromecânica das turbinas eólicas.

Com relação ao transporte, mostrado na figura 30:

Figura 30 - Planejamento do transporte para montagem de 15 turbinas eólicas.



Fonte: Elaboração própria do Autor (Ms Project).

Para a medição do transporte o planejamento foi o seguinte:

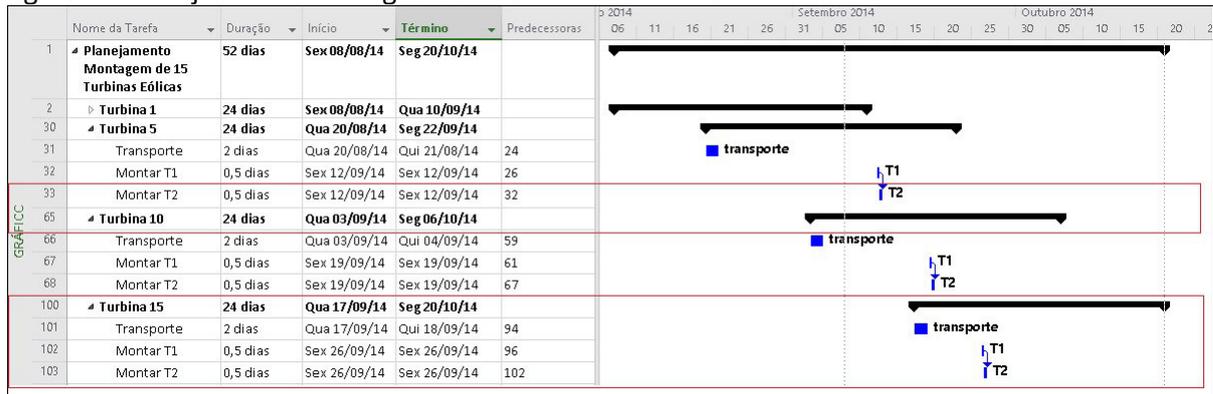
é Na semana 36 (de 01 a 07 de setembro de 2014), o pacote de serviços do transporte já deveria estar concluído para 7 (sete) turbinas eólicas;

é Na semana 37 (de 08 a 14 de setembro de 2014) o pacote de serviços do transporte já deveria estar concluído para 14 (quatorze) turbinas eólicas;

é Na semana 38 (de 15 a 21 de setembro de 2014) o pacote de serviços do transporte já deveria estar concluído para 15 (quinze) turbinas eólicas.

Com relação a montagem de T1 e T2, mostrado na figura 31:

Figura 31 - Planejamento da montagem T1 e T2 de 15 turbinas eólicas.



Fonte: Elaboração própria do Autor (Ms Project).

Para a medição da montagem T1 e T2 o planejamento foi o seguinte:

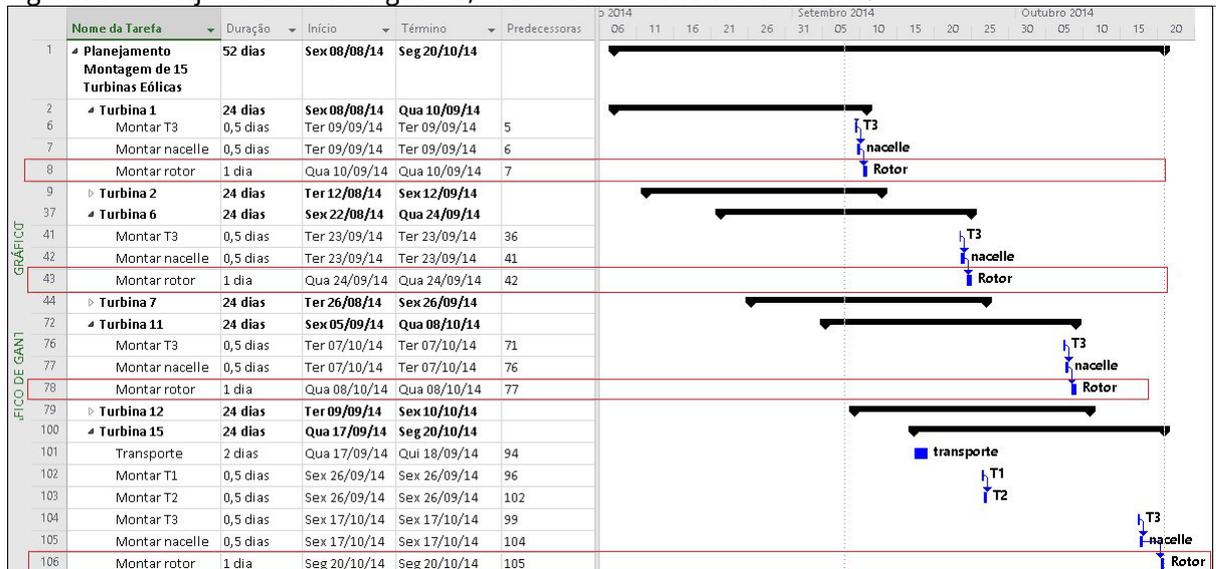
é Na semana 37 (de 08 a 14 de setembro de 2014) o pacote de serviços da montagem T1 e T2 já deveriam estar concluídos para 5 (cinco) turbinas eólicas;

é Na semana 38 (de 15 a 21 de setembro de 2014) o pacote de serviços da montagem T1 e T2 já deveriam estar concluídos para 10 (dez) turbinas eólicas;

é Na semana 39 (de 22 a 29 de setembro de 2014) o pacote de serviços da montagem T1 e T2 já deveriam estar concluídos para 15 (quinze) turbinas eólicas;

Com relação a montagem de T3, nacelle e rotor, mostrado na figura 32:

Figura 32 - Planejamento da montagem T3, nacelle e rotor de 15 turbinas eólicas.



Fonte: Elaboração própria do Autor (Ms Project).

Para a medição da montagem T3, nacelle e rotor o planejamento foi o seguinte:

¿ Na semana 37 (de 08 a 14 de setembro de 2014) o pacote de serviços da montagem T3, nacelle e rotor j@deveriam estar concluídos para 1 (uma) turbina e@tica;

¿ Na semana 38 (de 15 a 21 de setembro de 2014) o pacote de serviços da montagem T3, nacelle e rotor j@deveriam estar concluídos para 6 (seis) turbinas e@ticas;

¿ Na semana 39 (de 22 a 29 de setembro de 2014) o pacote de serviços da montagem T3, nacelle e rotor j@deveriam estar concluídos para 11 (onze) turbinas e@ticas;

¿ Na semana 41 (de 06 a 12 de outubro de 2014) o pacote de serviços da montagem T3, nacelle e rotor j@deveriam estar concluídos para 15 (onze) turbinas e@ticas;

Neste tipo de turbina, o grouting (aplicação de argamassa para vedar a junção inferior do T1 com a base, que, também, tem função estrutural). O processo de stretching-bols é o processo, que em mecânica, na junção de flanges, ao invés de se aplicar torques nos parafusos aplica-se tensionamento. Ou seja, ao invés de apertar o parafuso torcendo, se aplica um alongamento. Este tipo de processo se aplica, normalmente, quando a fixação da estrutura se dá na fundação por meio de parafusos de ancoragem, cujo extremo enterrado está travado por porcas.

§ requisito técnico do projeto da turbina, que o T3 nunca deverá ser montado sozinho. Toda vez que montar o T3, a nacelle tem que ser montada em seguida.

A montagem do rotor tem como predecessora a montagem da nacelle e a própria montagem do próprio rotor, ou seja, antes de ser içado como uma peça única, o rotor precisa receber as peças que são transportadas separadas.

Com relação ao custo do projeto, além do custo de contratação dos pacotes de serviços, pode ser considerado, ainda, o custo da qualidade, que inclui: o custo de conformidade (dinheiro gasto durante o projeto para evitar falhas) e o custo da falta de conformidade (dinheiro gasto durante e após o projeto devido a falhas).

O custo de conformidade, pode incluir:

é Treinamento;

é Documentar os processos;

é Tempo para executar de maneira correta;

é Testes;

é Inspeções.

O custo da falta de conformidade, pode incluir:

é Retrabalho;

é Descarte;

Não está incluso no custo do projeto:

é Desenvolvimento do projeto do parque eólico, com a avaliação de viabilidade técnica para implantação das turbinas eólicas;

é Aquisição das turbinas eólicas;

é Projeto e execução das obras civis;

é Projeto e execução das obras elétricas, para o escoamento da energia gerada;

é Estudos e licenças para execução do projeto de montagem das turbinas eólicas.

3.3.4 Pesquisa de campo

A pesquisa de campo procedeu à observação de fatos e fenômenos exatamente como ocorreram na realidade, à coleta de dados referentes aos mesmos e, finalmente, à análise e interpretação desses dados, com base no referencial teórico apresentado, objetivando compreender e explicar o problema pesquisado.

Foi feita uma pesquisa documental através dos documentos gerados pela empresa, o que incluiu:

é Documentos de início de projeto, tais como, o termo de abertura do projeto e o termo de referência para a montagem das turbinas eólicas, contendo, o escopo dos serviços, o cronograma planejado, o custo dos serviços contratados, a matriz de responsabilidade entre as partes envolvidas no projeto, procedimento de execução das atividades, os requisitos legais para execução dos serviços, etc.;

é Registros de execução do projeto, tais como, os relatórios de progresso e ATA de reuniões;

é Arquivo de informações históricas, como base de conhecimento de lições aprendidas para uso em projetos ou fases futuras.

Os levantamentos dos dados foram feitos a partir do acesso aos softwares de gerenciamento do projeto, aos arquivos do projeto, com o levantamento bibliográfico e com a

técnica de observação participante, o que incluiu verificar: o delineamento da montagem eletromecânica, identificando o sentido, a orientação e a dinâmica de cada pacote de serviços.

3.3.5 Estimativa dos custos de montagem das turbinas eólicas

A tabela 4 mostra uma referência de investimento para um parque eólico de 10 megawatts de potência instalada.

Tabela 4 - Composição típica dos custos para um parque eólico de 10 MW

COMPONENTE DO PARQUE EÓLICO	% DO TOTAL DOS CUSTOS
Turbina eólica	65
Obras civis (incluindo fundações)	13
Infraestrutura elétrica do parque eólico	8
Linha de transmissão	6
Desenvolvimento e gerenciamento do projeto	8

Fonte: BURTON, SHARPE, JENKINS, & BOSSANYI, (2001).

A turbina eólica consome a maior parte do investimento. Neste percentual total estão considerados os custos de aquisição (projeto e fabricação) e a montagem eletromecânica da turbina eólica.

Como esta pesquisa trata apenas dos custos relacionados à montagem eletromecânica da turbina eólica, o que inclui:

é O custo de contratação dos pacotes de serviços – que são os custos que engloba todos os recursos necessários para execução dos pacotes de serviços, e, ainda, o custo com o seguro de montagem das turbinas eólicas;

é E os custos de qualidade de qualidade, especialmente, com relação ao tempo para executar de maneira correta.

O custo de contratação dos pacotes de serviços, que neste caso foi na modalidade por empreitada global, ou seja, em caso de atraso na execução das atividades, o custo relacionado com a contratação dos pacotes de serviços não são afetados.

O custo do seguro de montagem, que possui relevância para os grandes projetos sujeitos a elevados riscos, também, já está incluso no preço por empreitada global. O seguro normalmente possui uma cobertura básica, o que inclui: reparos na turbina eólica, durante a execução da montagem; máquinas e equipamentos necessários para execução da montagem, inclusive os guindastes, etc. São excluídos da cobertura básica do seguro de montagem, o que inclui:

- é Perda ou danos decorrentes de erro de projeto, de material ou de fundação defeituosa, e/ou mão de obra de má qualidade;
- é Perda ou dano devido à ação ou negligência proposital do segurado ou de seus representantes;
- é Danos emergente de qualquer espécie de descrição, tal como reclamação de penalidades, perdas devidas à demora, falta de desempenho, perda de contrato;
- é Perda ou dano devido à guerra ou operações militares, tumulto civil, requisição por ordem de qualquer autoridade pública;
- é Perda ou dano devido à greve ou tumultos;
- é Perda ou dano devido à reação nuclear, radiação nuclear ou contaminação radioativa.

Com relação aos custos de qualidade, especialmente, com relação ao tempo para executar de maneira correta, neste caso, por se tratar de um escopo de montagem e mão de obra de fabricação da turbina eólica, o que razoavelmente pode ser mensurado pela perda relativa ao atraso devido ao marco de início de operação comercial (seção 3.3.3). Se considerado que o atraso de execução em relação ao planejado, determinou perdas de faturamento devido a turbina eólica não ter operado comercialmente neste período.

A energia eólica é medida em megawatt-hora (MWh), mais o período de tempo, por exemplo por ano ou por hora. De acordo com a tabela 4 da seção 3.1 o valor de tarifa definido para este projeto, quando foi vencedor no seu respectivo leilão, foi de R\$ 96,97 (noventa e seis reais e noventa e sete centavos) por megawatt-hora.

O custo pode ser calculado de forma análoga ao praticado por uma distribuidora de energia. A figura 33 ilustra um exemplo de círculo de conta na distribuidora de energia elétrica.

Figura 33 - exemplo de cálculo de uma conta de energia elétrica.

Comercial - Consumo 1850 kWh		Bandeira Verde Sem acréscimo na tarifa	Bandeira Amarela Acréscimo de R\$ 0,015 a cada 1 KW/h consumido	Bandeira Vermelha Acréscimo de R\$ 0,045 a cada 1 KW/h consumido
TUSD - Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição Fornecimento de 1850 kWh Consumo de 1850 kWh X tarifa, ou seja, 1850 kWh x R\$ 0,1807		R\$ 334,29	R\$ 334,29	R\$ 334,29
TE - Tarifa de Energia Fornecimento de 1850 kWh Consumo de 1850 kWh X tarifa, ou seja, 1850 kWh x R\$ 0,2388		R\$ 441,78	R\$ 441,78	R\$ 441,78

Fonte: AES ELETROPAULO (2017).

Multiplicando o total da potência das turbinas, fornecida no período, pelo valor da tarifa estabelecida, obtém-se o valor de medição da energia elétrica fornecida (faturamento do período).

A figura 34 mostra um modelo matemático para o cálculo da estimativa de custo devido à perda de faturamento em função do atraso na execução da montagem das turbinas eólicas.

Figura 34 - Cálculo da estimativa do custo pelo atraso na execução da montagem das turbinas eólicas.

FATURAMENTO DO PARQUE EÓLICO			
Valor da tarifa	Estimativa de geração diária	Atraso da montagem (d)	Total estimado do custo
R\$96,97	$=1,85*15*24$	x	$=1,85*15*24*x$
Valor da tarifa definido no leilão tabela 4, seção 3.1.	<i>IWE (Installed Wind Energy):</i> potência eólica instalada multiplicada por pelo número de horas em um ano. Ela representa a energia máxima que pode ser extraída em um ano. Unidade: [MWh] $IWE = IWP \times 8760$		

Fonte: Elaboração própria do Autor.

Essa estimativa permite ter uma noção das perdas diárias, caso o prazo de montagem da turbina não seja cumprido conforme o planejamento.

3.3.6 Análise do controle da qualidade

O controle da qualidade da montagem da turbina eólica é um processo adotado para definir padrões em procedimentos, políticas e ações, de maneira uniforme. Cada processo desenvolvido na montagem deverá estar de acordo com as especificações técnicas estabelecidas no projeto de fabricação das turbinas eólicas. O controle da qualidade é realizado por meio de inspeções de qualidade. Cada inspeção é realizada com base numa lista de verificação. A total conformidade com a lista de verificação é o requisito de aceitação do processo. Em caso de não conformidade, um plano de ação é executado para que a conformidade seja atingida, e, o processo seja liberado para iniciar a próxima etapa.

Na montagem de turbinas eólicas, o controle da qualidade emite, basicamente, três certificados de conclusão, o que inclui:

é Certificado de conclusão do transporte - é o documento emitido com a conclusão da inspeção de recebimento dos componentes da turbina eólica. Na inspeção de recebimento, realizada quando as partes são descarregadas no local de montagem, são verificados os documentos de transporte, se não houve danos na embalagem de modo que a parte da turbina não tenha sofrido algum tipo de dano, se todos os acessórios, transportados separadamente, estão completos e sem danos;

é Certificado de conclusão da montagem - é o documento emitido com a conclusão da inspeção de montagem. Na inspeção de montagem, realizada quando termina a montagem do rotor e as interligações elétricas, são verificados se a instalação eletromecânica das partes e dos acessórios da turbina eólica foi realizada em conformidade com os parâmetros e ajustes determinados pela especificação técnica da turbina. A emissão do certificado de conclusão da montagem é a permissão para que seja realizado o comissionamento da turbina eólica (processo que condiciona o início de operação comercial).

é Certificado de Aceitação Provisória (CAP) - é o documento emitido como marco de transferência da responsabilidade pela turbina eólica, da equipe de montagem para a equipe de operação e manutenção. O CAP é o documento de entrega final da montagem da turbina eólica (documento de encerramento do projeto).

3.3.7 Análise dos Resultados

Nesta etapa foi definido que a análise dos resultados seria feita, a partir da análise de dados coletados na documentação do projeto, considerando os desvios entre o executado e o planejado.

Com relação ao escopo, por meio de gráficos de Gantt (feito no software Microsoft Project) foi possível observar, principalmente, os desvios na Estrutura Analítica do Projeto - EAP, o tempo necessário para realizar cada atividade, as atividades predecessoras e os recursos aplicados.

Com relação ao tempo e o custo, por meio de gráficos de curva S (feito no software Microsoft Excel) foi possível comparar a Linha de Base definida planejamento com a linha executada. Sendo possível mensurar o incremento no tempo e no custo do projeto.

E, por fim, foi calculado um custo estimado devido aos atrasos nos processos de execução da montagem das turbinas eólicas. Este custo está relacionado com a perda de faturamento, se considerado que o término da montagem também é o marco de início da operação comercial da turbina eólica.

A análise dos resultados, considerou os três pacotes de serviços contratados para a montagem das turbinas eólicas, com as quantidades executadas acumuladas para cada marco de medição definidos no cronograma planejado. A partir da coleta de dados nos relatórios de acompanhamento diário, foi possível construir um gráfico de Gantt (cronograma executado) para verificar os desvios de execução, para o transporte, montagem de T1 e T2 (LTM 1500) e montagem de T3, nacelle e rotor (LR 1600).

Interrupções da montagem devido a incidência de ventos fortes, foram verificadas a partir da coleta e análise de dados de vento, dos relatórios de medição da torre anemométrica do parque eólico (todo parque eólico resultante de processo de licitação precisa ter uma torre anemométrica local).

Possíveis atrasos com relação ao controle de qualidade, com identificação de não conformidades, foram verificados a partir de dados dos relatórios de qualidade, contendo a lista de verificação e o certificado de conclusão da etapa da montagem.

3.4 Desenvolvimento do Estudo de Caso

3.4.1 Identificação e estruturação do problema

Nesta etapa foi identificada que a problemática de montar turbinas eólicas não está propriamente, na tecnologia embarcada nos sistemas que compõem a turbina, e sim nas condições adversas, de onde e de como ocorrem os processos de montagem. Como, as condições do acesso para o transporte; como as dificuldades para mobilizar e operar os grandes guindastes, em regiões antes inacessíveis; e, ainda, os fatores ambientais, como, a incidência de ventos fortes durante a operação com guindastes, como as principais causas de atrasos na execução da montagem de turbinas eólicas.

O controle de qualidade pouco influencia como interferências no processo de montagem. Toda turbina eólica com grande aceitação no mercado possui documentação técnica, com os requisitos de montagem e de operação muito bem definidos. Para o controle dos processos, a partir de padrões pré-estabelecidos, são aplicadas listas de verificação dentro do processo analítico de certificação das etapas concluídas.

O controle do gerenciamento do projeto é fundamental para o sucesso da execução de montagem das turbinas eólicas.

3.4.2 Seleção do projeto de montagem

Nesta etapa, foi feita a seleção do projeto para o estudo de caso. O projeto escolhido, com 15 turbinas eólicas, faz parte de um complexo eólico formado por 7 (sete) parques, num total de 92 turbinas eólicas. Foi o primeiro a ser construído. Ou seja, o planejamento do gerenciamento do projeto não se aproveitou de experiências anteriores.

O período de execução da montagem das turbinas aconteceu com a equipe de projeto totalmente dedicada, sem nenhum outro projeto acontecendo em paralelo, sendo possível analisar os resultados de execução com relação ao planejado sem a necessidade de compartilhamento dos recursos aplicados.

Alguns fatores, também, pesaram na escolha do projeto, como: a localização distante cerca de 500 km do porto mais próximo; a complexidade de execução das obras civis, por estar localizado em terreno com montanhas (grande variação planialtimétrica), considerando as conformidades dos projetos de acessos para movimentação de guindastes e transporte das partes da turbina; e, por fim a possibilidade de incidência de ventos fortes no

período previsto para montagem das turbinas eólicas (o que requer rigorosos controles para a atividade de operação dos guindastes).

3.4.3 Caracterização do projeto selecionado

A partir da coleta de dados na documentação de execução do projeto, foram construídos os gráficos com os cronogramas executados dos pacotes de serviços contratados para realizar a montagem eletromecânica das turbinas eólicas.

Com relação ao transporte, mostrado na figura 35.

Figura 35 - Execução do transporte para montagem de 15 turbinas eólicas.



Fonte: Elaboração própria do Autor (Ms Project).

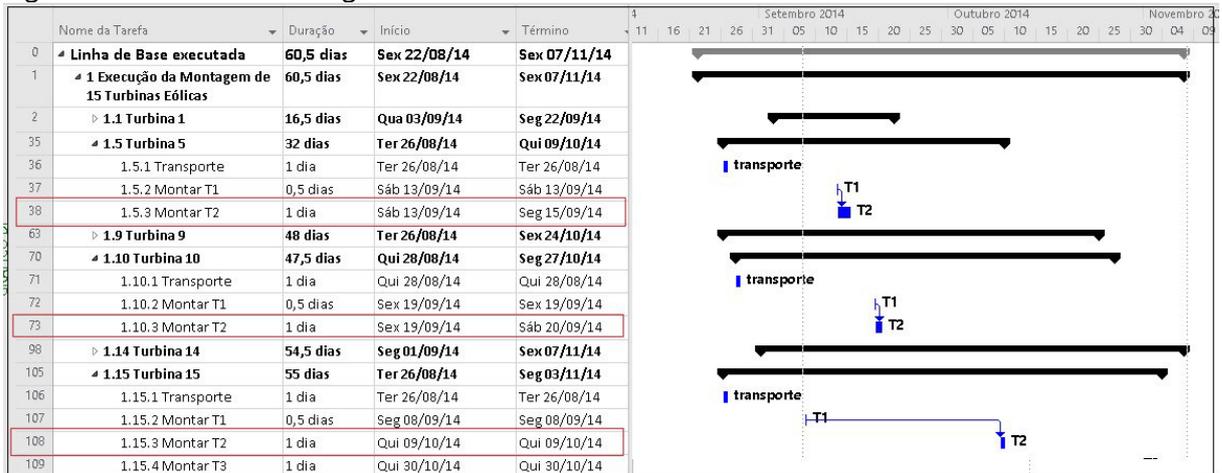
A medição do transporte executado foi o seguinte:

é O pacote de serviços do transporte que deveriam estar concluídos para 7 (sete) turbinas eólicas na semana 36 (de 01 a 07 de setembro de 2014), foi concluído na semana 35 (uma semana antes do prazo).

é O pacote de serviços do transporte que deveriam estar concluídos para 14 (quatorze) turbinas eólicas na semana 37 (de 08 a 14 de setembro de 2014), foi concluído na semana 36;

é O pacote de serviços do transporte que deveriam estar concluídos para 15 (quinze) turbinas eólicas na semana 38 (de 15 a 21 de setembro de 2014), foi concluído na semana 39 (uma semana depois).

Com relação à montagem de T1 e T2, mostrado na figura 36.

Figura 36 - Execu²o da montagem T1 e T2 de 15 turbinas e²lica.

Fonte: Elabora²o pr²pria do Autor (Ms Project).

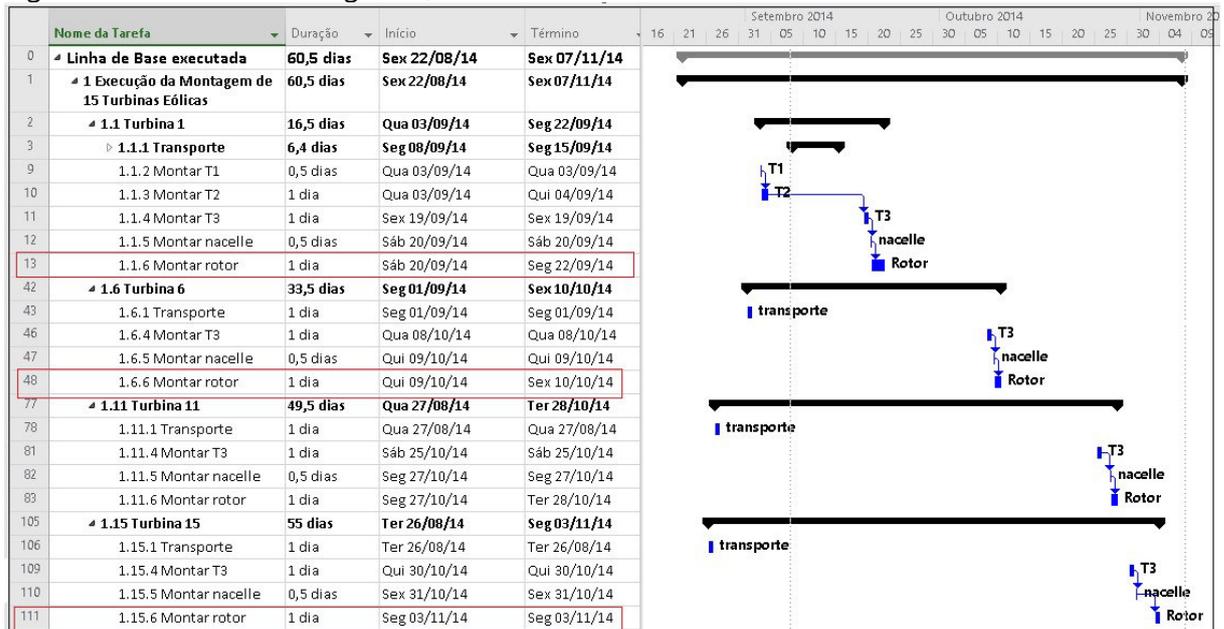
A medi²o da montagem T1 e T2 executado foi o seguinte:

é O pacote de servi²os da montagem T1 e T2 que deveriam estar conclu²dos para 5 (cinco) turbinas e²licas na semana 37 (de 08 a 14 de setembro de 2014), s²foi conclu²do na semana 38 (01 dia depois do limite planejado);

é O pacote de servi²os da montagem T1 e T2 que deveriam estar conclu²dos para 10 (dez) turbinas e²licas na semana 38 (de 15 a 21 de setembro de 2014), foi executado no prazo;

é O pacote de servi²os da montagem T1 e T2 que deveriam estar conclu²dos para 15 (quinze) turbinas e²licas na semana 39 (de 22 a 29 de setembro de 2014), s²foi conclu²do na semana 41 (de 06 a 12 de outubro de 2014).

Com rela²o a montagem de T3, nacelle e rotor, mostrado na figura 37.

Figura 37 - Execu²o da montagem T3, nacelle e rotor de 15 turbinas e²licas.

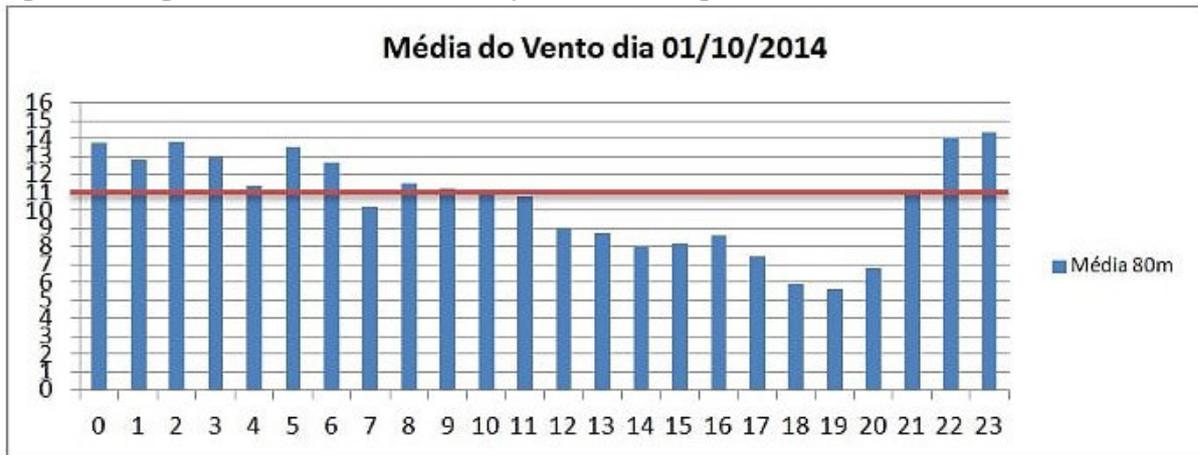
Fonte: Elabora²o pr²pria do Autor (Ms Project).

A medi²o da montagem T3, nacelle e rotor executado foi o seguinte:

- ¿ O pacote de servi²os da montagem T3, nacelle e rotor que deveriam estar conclu²dos para 1 (uma) turbina e²lica na semana 37 (de 08 a 14 de setembro de 2014), s²foi conclu²do na 39;
- ¿ O pacote de servi²os da montagem T3, nacelle e rotor que deveriam estar conclu²dos para 6 (seis) turbinas e²licas na semana 38 (de 15 a 21 de setembro de 2014), s²foi conclu²do na semana 41;
- ¿ O pacote de servi²os da montagem T3, nacelle e rotor que deveriam estar conclu²dos para 11 (onze) turbinas e²licas na semana 39 (de 22 a 29 de setembro de 2014), s²foi conclu²do na semana 44 (de 27 a 02 de novembro de 2014);
- ¿ O pacote de servi²os da montagem T3, nacelle e rotor que deveriam estar conclu²dos para 15 (onze) turbinas e²licas na semana 41 (de 06 a 12 de outubro de 2014), s²foi conclu²do 45 (de 03 a 09 de novembro de 2014).

A figura 38 mostra um registro de ventos fortes na semana 44.

Figura 38 - Registro de ventos fortes durante o período de montagem das turbinas eólicas.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Neste gráfico de registro, que mostra o limite de operação para o guindaste LR 1600 (linha horizontal), toda a parte da manhã do dia foi sem trabalho.

Considerando que o planejamento definiu 2,5 dias para que o LR 1600 executasse o pacote de serviços para montar T3, nacelle e rotor, se a incidência de ventos fortes não continuou no dia seguinte, o tempo de execução nessa base durou 3 dias.

A figura 39 mostra o gráfico de 'Curva-S' com o avanço físico da montagem das turbinas, relacionando o executado com o planejado.

Figura 39 - Gráfico de avanço físico da montagem das turbinas eólicas.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Trata-se do gráfico do relatório de progresso da montagem das turbinas eólicas.

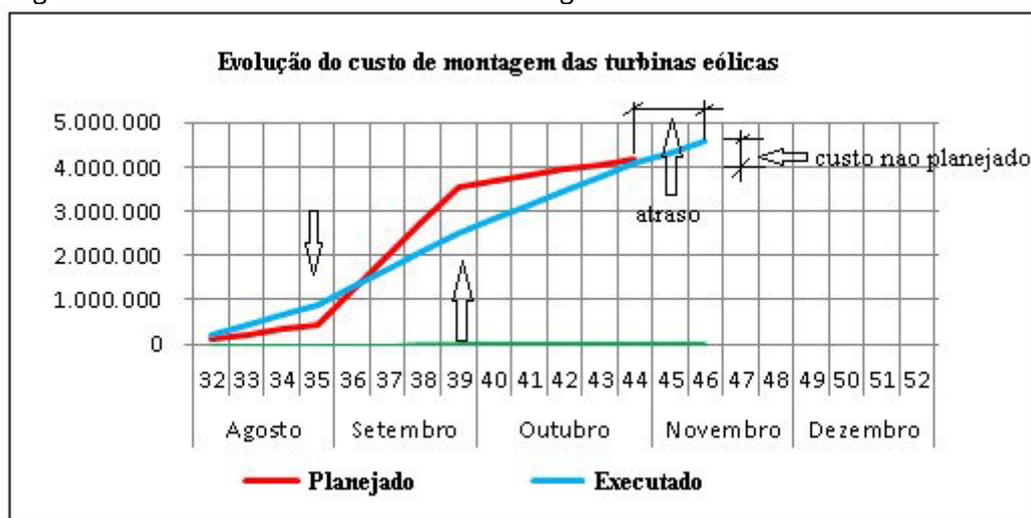
O desvio da quantidade de turbinas acumuladas reflete o desvio do tempo planejado para executar cada pacote de serviços.

A tendência de afastamento foi progressiva durante todo projeto, o que significa que nenhum plano de contingência foi qualificado com o propósito de aumentar a capacidade da equipe de montagem de realizar as entregas das turbinas no prazo planejado.

Este gráfico foi usado como um instrumento visual de apoio à tomada de decisão para os gestores do projeto.

A figura 40 mostra um gráfico de evolução dos custos da montagem das turbinas eólicas, em decorrência dos desvios verificados no avanço da montagem.

Figura 40 - Gráfico de avanço dos custos da montagem das turbinas eólicas.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

O gráfico mostra uma progressão, praticamente, constante do custo executado. A variação em relação a Linha de Base planejada, aumentando o custo do projeto entre a semana 32 e 36, e diminuindo o custo entre a semana 36 e 44, mostra que a estratégia da equipe de gerenciamento em não aplicar um plano impactante de recuperação da montagem pode ter sido, de fato, uma forma de não aumentar muitos os custos finais do projeto.

3.4.4 Pesquisa de campo

Com a disponibilidade dos relatórios de inspeção da qualidade, dos relatórios de registros diários e de ATA de reunião semanal, foi feito o fichamento das informações da documentação, aos quais se acrescentaram observações ou comentários sobre possíveis relações com as questões da pesquisa. O objetivo de tal procedimento foi mapear a cronologia

de execução dos processos e identificar as técnicas e ferramentas empregadas no gerenciamento da montagem das turbinas.

Empregando técnicas usuais da análise de conteúdo para decifrar, em cada documento, o núcleo emergente que servisse ao propósito da pesquisa, essa etapa consistiu num processo de codificação, interpretação e de inferências sobre as informações contidas nos documentos do projeto.

As seguintes informações foram coletadas:

- é Data de conclusão de transporte de T1;
- é Data de conclusão de montagem de T1;
- é Data de conclusão de transporte de T2;
- é Data de conclusão de montagem de T2;
- é Data de conclusão de transporte de T3;
- é Data de conclusão de montagem de T3;
- é Data de conclusão de transporte de nacelle;
- é Data de conclusão de montagem de nacelle;
- é Data de conclusão de transporte de rotor;
- é Data de conclusão de montagem de rotor;
- é Informações dos registros de ventos fortes, com relação ao limite de operação do guindaste;
- é Informações do relatório diário com a interferência causadas durante a montagem das turbinas eólicas;
- é Informações de ATA, de reunião semanal, relacionada a planos de recuperação dos prazos da montagem das turbinas.

3.4.5 Estimativa dos custos de montagem das turbinas eólicas

De acordo com os dados apresentados na seção 3.4.3, o projeto teve atraso de 4 (quatro) semanas. Ou seja, a estimativa de custo com a perda de faturamento, de acordo com a seção 3.3.5 pode ser calculada para 28 dias, conforme mostra a figura 41.

Figura 41 - Cálculo estimado do custo pela perda de faturamento.

FATURAMENTO DO PARQUE EÓLICO			
Valor da tarifa	Estimativa de geração diária	Atraso da montagem (d)	Total estimado do custo
R\$96,97	666	28	R\$1.808.297
Valor da tarifa definido no leilão tabela 4, seção 3.1.	<i>IWE (Installed Wind Energy):</i> potência eólica instalada multiplicada por pelo número de horas em um ano. Ela representa a energia máxima que pode ser extraída em um ano. Unidade: [MWh] $IWE = IWP \times 8760$		

Fonte: Elaborado pelo Autor.

A estimativa do custo foi feita, desprezando as perdas elétricas dos sistemas e considerando uma disponibilidade diária de 100%. Ou seja, as 15 turbinas geram energia 24 horas ininterruptas. Considerando para o custo, a multiplicação do preço da tarifa de venda pela quantidade de horas diárias de operação (disponibilidade diária), multiplicado pela potência de cada turbina (1,85 MW), multiplicado pela quantidade de tempo que o projeto atrasou. Ou seja, o custo do atraso da montagem das 15 turbinas, considerando a perda de faturamento pela não entrada em operação no marco estabelecido no planejamento, foi de R\$ 1.808.297,00 (um milhão, oitocentos e oito mil e duzentos e noventa e sete reais).

3.4.6 Análise do controle da qualidade

Este projeto adotou um processo de transporte dividido em duas etapas. A primeira etapa foi realizada entre o porto e uma área de estocagem externa (que foi utilizada como 'pilhão' fora do terreno do parque eólico). A segunda etapa foi a distribuição nas bases de montagem.

A inspeção de recebimento detectou falhas de conservação, basicamente, em decorrência do tempo de permanência no pilhão, o que incluiu:

- é Danos estruturais de fibra na carenagem de algumas nacelles, devido à perda de sustentação do terreno onde estavam estocadas;
- é Roubo de componentes das partes da turbina, devido a falhas na segurança da área de estocagem;
- é Perda de carga de baterias, devido ao tempo fora de operação, dimensionados para o tempo certo de entrada em operação.

Na inspeção de conclusão da montagem, algumas listas de pendências (nº conformidades) originaram planos de ação de correção, como requisito para emissão dos certificados de conclusão de montagem.

O CAP foi emitido com ressalvas, devido a necessidade de reposição de alguns componentes das turbinas eólicas que, apesar de não ser impeditivo para o início de operação comercial, apresentaram indicativos do comprometimento da vida útil prevista.

3.4.7 Análise dos resultados

Pelos dados apresentados na seção 3.4.3 (caracterização do projeto selecionado) e na seção 3.4.5 (estimativa dos custos de montagem das turbinas), o projeto apresentou desvios na execução somente no tempo e no custo.

O transporte não teve influência no atraso do término da montagem.

O pacote de serviço que mais influenciou no incremento de tempo e do custo executado, com relação ao planejado, foi o pacote de montagem T3, nacelle e rotor (LR 1600).

Algumas causas podem ser atribuídas, o que inclui:

é Falhas no planejamento de mobilização do guindaste. O cronograma planejado não deixou folga para montagem inicial do guindaste na primeira base (a mobilização de um guindaste LR 1600 pode consumir até 8 dias na mobilização);

é Falha no planejamento da equipe montadora, com relação ao levantamento dos recursos necessários para executar a montagem das turbinas eólicas. Neste tipo de turbina, para a montagem do T1, são necessários calços metálicos (chapas de espessura variadas) para regulagem do nivelamento e adequação para aplicação do grouting. Neste caso, foi preciso qualificar um fornecedor local, o que impactou na montagem das primeiras turbinas;

é Interrupções da montagem devido a incidência de ventos fortes, impactou também na duração da montagem de rotores.

Apesar da identificação de não conformidades durante as inspeções de recebimento do transporte das partes da turbina, devido ao tempo de permanência na área de

estocagem antes da montagem, os custos de qualidade não impactaram no aumento do custo do projeto (devido a condições contratuais dos pacotes de serviços).

O custo com maior relevância, detectado e mensurado, foi o custo devido à perda de oportunidade de faturamento (seção 3.4.5). Com o atraso na conclusão de montagem, a data inicial prevista para o início da operação comercial foi adiada em 28 dias. A estimativa de custo, devido perda de faturamento, com o incremento do tempo em quase 60%, resultou numa projeção de perdas estimadas em valores próximos de R\$ 2.000.000,00 (dois milhões de reais).

3.5 Considerações finais

Gerenciar o desempenho do custo de um projeto é um dos processos mais importantes na gestão de projetos. Portanto, o simples progresso da execução ou o dano gerente condições de tomada de decisões para acelerar ou reduzir o ritmo do projeto, ou mesmo redirecionar recursos para garantir o sucesso do projeto. Desta forma, é preciso cruzar informações do progresso do custo com o progresso do cronograma (tempo), de maneira a subsidiar o processo decisório.

Uma sugestão de plano de recuperação, para este projeto, poderia ter sido avaliar o quanto custaria a mais mobilizar outra equipe para pacote de serviços para montagem T3, nacelle e rotor, já que estes serviços foram os mais atrasados. Ou a subdivisão deste pacote, diminuindo a permanência do guindaste LR 1600 em cada base. Observando que, qualquer plano de recuperação baseado em aumentar a quantidade de guindastes precisaria considerar, principalmente, as condições das estradas de acesso, já que foram projetadas para o deslocamento do guindaste (no caso do LR 1600) uma única vez. Se o tempo fosse aumentado, as estradas precisariam de mais manutenção durante a execução da montagem. O que implicaria num incremento maior de custo.

Recomendar boas práticas que possam contribuir para melhorar a execução de montagem de turbinas eólicas, requer uma análise profunda e exaustiva dos projetos executivos, uma visita prévia ao local da montagem, listando as condições de acesso, e a disponibilidade de recursos. E, ainda, como parte da proposta, documentar uma detalhada matriz de divisão de responsabilidades, como critério do risco de atrasos na execução de processos.

4 CONCLUSÃO

Os resultados mostraram que ocorreu uma grande diferença de execução em relação ao planejamento. O que leva a concluir que o planejamento foi mal executado. Por outro lado, optar por esforços além do planejado, antecipando entregas, poderia representar forte impacto no custo do projeto, estressando ainda mais as equipes, principalmente, devido ao desgaste de se trabalhar acima do planejado, sob forte pressão, com horas e esforços extras.

A análise dos resultados concluiu, ainda, que o transporte não contribuiu de forma relevante para o atraso do projeto. O pacote de serviços de montagem T1 e T2 (LTM 1500) também não contribuiu de forma decisiva. Houve atraso somente na execução da turbina 15. O que não impactou no avanço do guindaste LR 1600.

Com relação a execução do pacote de serviços de montagem T3, nacelle e rotor, a primeira turbina já foi concluída com 14 (catorze) dias de atraso. Totalizando no final do projeto, um incremento de tempo de 28 dias, o que representou cerca de 60% do total do tempo planejado.

Quanto ao custo do projeto, por se tratar da modalidade de contratação por empreitada global dos pacotes de serviços, principalmente, os custos de qualidade não puderam ser mensurados. Restando, considerar apenas o custo da perda de oportunidade, relativo ao tempo total de atraso, definido como perda de faturamento. Pelo fato das turbinas eólicas não terem entrado em operação comercial na data planejada.

É importante ressaltar que os objetivos propostos no decorrer da seção 1.2 foram atingidos. O primeiro objetivo específico, foi atingido, na seção 3.2, com a caracterização do processo produtivo da empresa, identificando o escopo definido para o projeto. O segundo objetivo específico foi atingido na seção 3.3 com a identificação e caracterização do projeto selecionado. O terceiro objetivo específico, foi atingido na seção 3.4 com a caracterização do projeto e a análise dos resultados. O quarto e último objetivo específico, foi atingido na seção 3.5, com as considerações finais, ao descrever sugestões e boas práticas que possam contribuir para diminuir as perdas de projeto devido aos atrasos de conclusão.

Uma sugestão para trabalhos futuros, pode ser o estudo do valor agregado na montagem de turbinas eólicas. Como forma de aumentar a precisão das estimativas de CAPEX (capital expenditure). O que pode contribuir, de forma relevante, no ambiente de investimento de energia eólica.

REFERÊNCIAS

- ABRADEE. Leilões de Energia. Disponível em: <http://abradee.com.br/setor-eletrico/leiloes-de-energia>. Acesso em: 30 de junho de 2017.
- AESELETROPAULO. Calcule sua conta. Disponível em: <https://www.aeseletropaulo.com.br>. Acesso em: 30 de junho de 2017.
- AMARANTE, O. A. C.; ZACK, J.; BROWER, M.; SE, A. L. Atlas do potencial eólico brasileiro. CEPEL. Brasília, 2001.
- ANEEL. Regulação do Setor Elétrico. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br>. Acesso em: 22 de fevereiro de 2017.
- ANEEL. Atlas Energia Elétrica do Brasil. Agência Nacional de Energia Elétrica. Brasília, 2008.
- ANEEL. Por dentro da conta de energia. Agência Nacional de Energia Elétrica. Brasília, 2011.
- ANEEL. Edital Leilão de Energia de Reserva - 24/LEER. Agência Nacional de Energia Elétrica. Brasília, 2015.
- BARBOSA, C.; NASCIMENTO, C. A. D.; ABDOLLAHYAN, F.; PONTES, R. M. Gerenciamento de Custos em Projetos. FGV. Rio de Janeiro, 2014.
- BARCAUI, A. B.; BARBOSA, D.; SILVA, I. M.; NEVES, R. B. Gerenciamento do Tempo em Projetos. FGV. Rio de Janeiro, 2013.
- BURTON, T; SHARPE, D; JENKINS, N. Wind Energy Handbook. West Sussex, England: John Wiley & Sons, LTD, 2001.
- CCEE. Info Leilão Nº 017 - 15º Leilão de Energia Existente (A-1) - 11 de dezembro de 2015. Disponível em: www.ccee.org.br. Acesso em: maio de 2017.
- DAVID, M. C. Estratégias para o gerenciamento do cronograma do projeto: Dicas úteis para os gerentes de projetos e membros da equipe. Project Management Institute, 2011.
- DO VALLE, A. B., CIERCO, A. A., SOARES, C. A., & FINOCCHIO JR., J. Fundamentos do Gerenciamento de Projetos. FGV. Rio de Janeiro, 2014.
- EPE. Expansão da Geração, Empreendimentos Eólicos. Empresa de pesquisa energética. Rio de Janeiro, 2016.
- EPE. Leilão de Compra de Energia Elétrica Provenientes de Empreendimentos Existentes. EPE. Rio de Janeiro, 2015.
- EPE. Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2016 Ano Base 2015. EPE. Rio de Janeiro, 2016.

- GIL, A. C. Como Elaborar Projetos de Pesquisa 4ª edição. Atlas. São Paulo, 2008.
- HARTMUT, G. Pesquisa Qualitativa Versus Pesquisa Quantitativa: Esta é a Questão? Universidade de Brasília. Brasília, 2006.
- MAGDA, M. V. O Estudo de Caso como Modalidade de Pesquisa. SOCERJ. Rio de Janeiro, 2014.
- MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. Técnicas de Pesquisa. Atlas. São Paulo, 2002.
- MAURICIO, T. T. Energia Renovável. Empresa de pesquisa energética. Rio de Janeiro, 2016.
- MME. Decreto Executivo Federal: nº 5.163/2004. MME. Brasília, 2004.
- MME. LER 3/2011. Ministério de Minas e Energia. Brasília, 2011.
- ODILON, A. C.; MICHAEL, B.; JOHN, Z.; ANTONIO, L. S. Atlas do Potencial Elétrico Brasileiro. Brasília: Ministério de Minas e Energia, 2001.
- ONS. 069 Parecer CGEs Argical Caititu Coqueirinho Corrupção Inhambu Tamanduá Mirim e Teiã. Operador Nacional do Sistema Elétrico. Rio de Janeiro, 2014.
- PMI. Um Guia do Conhecimento em Gerenciamento de Projetos (Guia PMBOK) quinta edição. Pennsylvania, 2013.
- RICARDO, V. V. PMBOK - Project Management Body of Knowledge. Belo Horizonte, 2000.
- SILVA, E. L., & MENEZES, E. M. Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação 4ª edição. UFSC. Florianópolis, 2005.
- SOTILLE, M. A., MENEZES, L. C., XAVIER, L. S., & PREIRA, M. L. Gerenciamento do escopo em projetos. FGV. Rio de Janeiro, 2014.
- TOLMASQUIM, M. T. Energia Renovável: hidráulica, biomassa, eólica, solar, oceânica. EPE. Rio de Janeiro, 2016.
- YIN, R. K. Estudo de Caso: Planejamento e Métodos 2ª edição. Bookman. São Paulo, 2001.