



Gestão de Projectos de Parques Eólicos

Contributos para a melhoria do processo



ANTÓNIO MONTEIRO PINHO

Dissertação submetida na disciplina de Projecto para satisfação parcial dos requisitos de
Mestre em Engenharia Civil — Especialização em Construções

Orientador: Professor José Manuel Marques Amorim de A. Faria

JUNHO DE 2008

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2007/2008

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ miec@fe.up.pt

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ feup@fe.up.pt

🌐 <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2007/2008 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2008*.

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respectivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão electrónica fornecida pelo respectivo Autor.

Dedico este estudo ao meu filho de 4 anos:

O teu futuro e o do planeta estiveram sempre na minha mente durante a sua realização.

Quando uma obra parece avançada para a sua época, é simplesmente porque a sua época está atrasada em relação a ela

Jean Cocteau

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Professor Doutor José Amorim Faria pelo apoio e orientação. Sem ele este trabalho não teria sido possível.

Agradeço à minha esposa, pela compreensão, apoio e revisão ortográfica.

RESUMO

Esta dissertação insere-se num projecto de investigação que se baseou essencialmente na experiência profissional do autor na Gestão de Projectos de Parques Eólicos e que constitui assim uma síntese de uma actividade bastante interessante que lhe ocupou os últimos quatro anos de carreira.

O documento é apresentado no âmbito da unidade curricular Projecto/Investigação, com vista à obtenção do grau de Mestre Integrado em Engenharia Civil, concedido actualmente pela FEUP.

O seu objectivo principal é abordar toda a temática da Energia Eólica em Portugal e no Mundo dando ênfase especial a todas as tarefas associadas à construção e exploração de parques eólicos na óptica do Gestor de Projecto.

Visa assim fazer uma reflexão sobre os principais problemas correntemente experimentados neste tipo de processos e sugerir recomendações para a optimização da sua resolução em investimentos futuros.

Procura-se também dessa forma contribuir no sentido de fornecer aos profissionais do sector ferramentas de melhoria da eficiência global dos seus processos de gestão. Tendo em vista este objectivo complementar, inclui-se no trabalho uma lista de síntese e um capítulo que resume os principais problemas a resolver bem como algumas sugestões de melhoria dos referidos processos.

As diversas fases por que passa um parque eólico, desde o estudo de viabilidade até à fase de desmantelamento, são apresentadas detalhadamente segundo uma ordem cronológica podendo servir de manual a futuros responsáveis pela construção de parques eólicos futuros.

PALAVRAS-CHAVE: PARQUE EÓLICO, AEROGERADORES, GESTÃO DE PROJECTOS, ENERGIAS RENOVÁVEIS, GESTÃO OPERACIONAL

ABSTRACT

This study is part of a research Project based on the professional experience of the author in the Project Management of Wind Farms. Therefore, this document represents a synthesis of 4 years of carrier dedicated to this interesting activity.

This document is presented in the discipline of Project/Investigation of the Integrated Master Degree of Civil Engineering by FEUP.

This work has the main objective to present the more important subjects related with Wind Energy in Portugal and in the World emphasizing the activities of construction and operation of wind Farms, analyzed from the Project Manager point of view. Consequently, this work aims to produce a synthesis of the main problems that must be solved by the project managers of this kind of investment including very simple recommendations on the more important issues.

The document has the intention to give basic Project Management tools for the professionals that work in the field of Wind energy and therefore contribute for the improvement of their activities.

The main periods of life of a Wind Farm, beginning with the initial Viability Studies and ending with the dismantling phase, are fully described, following a chronological form. This document can serve as a basic manual of operations for future professionals, somehow connected to Wind Farm construction.

KEY-WORDS: WIND FARM, WIND TURBINE, PROJECT MANAGEMENT, RENEWABLE ENERGIES, OPERATIONAL MANAGEMENT

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS	I
RESUMO	II
ABSTRACT	IV
1. INTRODUÇÃO	13
1.1. Âmbito e justificação do estudo.....	13
1.2. Base do trabalho desenvolvido	14
1.3. Objectivos	14
1.4. Descrição do trabalho.....	14
2. ENERGIA EÓLICA EM PORTUGAL E NO MUNDO	17
2.1. Energias Renováveis	17
2.1.1. Política Energética para a Europa e as Energias Renováveis	17
2.1.2. Política Energética para Portugal e as Energias Renováveis	24
2.2. A Energia Eólica no Mundo	27
2.2.1. Introdução.....	27
2.2.2 Capacidade produtiva.....	27
2.3. A Energia Eólica em Portugal.....	31
3. VIABILIDADE DE UM PARQUE EÓLICO.....	33
3.1. Introdução.....	33
3.1.1 Parque eólico.....	33
3.1.2 Aerogeradores	34
3.1.3 Estudo económico.....	35
3.2. Escolha dos locais	36
3.2.1 Estudo dos ventos	36
3.2.2 Definição da capacidade energética a instalar	38
3.2.3 Definição do layout do parque eólico.....	39
3.3. Análise de condicionantes	40
3.3.1 Estudo de Impacto Ambiental.....	41
3.3.2 Poluição sonora dos aerogeradores.....	43
3.3.3 Efeito de Sombra	43

4. GESTÃO DE PROJECTOS DE PARQUES EÓLICOS	
– SÍNTESE DAS PRINCIPAIS QUESTÕES.....	45
4.1. Introdução	45
4.2 Orçamento Tipo	45
4.2.1 Considerações gerais.....	45
4.2.2 Aerogeradores	46
4.2.3 Construção Civil	47
4.2.4 Equipamento eléctrico	54
4.3. Preparação do Fabrico e Montagem	56
4.3.1 Introdução	56
4.3.2 Qualidade.....	56
4.3.3. Produção	58
4.4. Planeamento da Execução.....	62
4.5. Execução da Obra.....	64
4.5.1 Construção Civil	64
4.5.2 Equipamento eléctrico	68
4.5.3. Montagem e comissionamento dos Aerogeradores	69
4.6. Utilização, manutenção e reabilitação.....	71
4.6.1. Introdução	71
4.6.2. Exploração e Manutenção	72
4.6.3 Monitorização condicional e controlo remoto	75
4.6.4 Garantia de Produção.....	78
4.6.5 Reabilitação	79
4.6.6 Conclusões	80
 5. SUGESTÕES DE MELHORIA DO PROCESSO DE GESTÃO.....	 81
5.1. Introdução	81
5.2. Viabilidade e optimização	81
5.2.1 Potencial do vento	81
5.2.2 Produtividade e eficiência energética	81
5.2.3 Construção civil.....	82
5.3 Transportes.....	83
5.3.1 Acessos	83

5.3.2 Plataformas.....	84
5.4 Montagem	85
5.5 Lista de operações	87
5.5.1 Análise da viabilidade	88
5.5.2 Definição do layout do parque eólico.....	88
5.5.3 Orçamentação.....	89
5.5.4 Preparação do Fabrico e Montagem	90
5.5.5 Planeamento da execução	90
5.5.6 Execução da Obra	91
5.5.7 Utilização, manutenção e reabilitação	91
 6. CONCLUSÃO.....	 93
6.1 Principais resultados obtidos.....	93
6.2 Desenvolvimentos futuros.....	94
6.3 Nota final.....	94
 BIBLIOGRAFIA	 97
SÍTIOS INTERNET.....	98

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1- Parque eólico <i>offshore</i>	20
Figura 2 - Evolução da capacidade instalada nos últimos 10 anos e previsão até 2010.....	28
Figura 3 – Capacidade instalada por países e aumento da capacidade em 2007.....	28
Figura 4 – Produção (em Mw) de novos aerogeradores nos últimos 10 anos	29
Figura 5 – Produção total e capacidade instalada em 2007 por continente	29
Figura 6 - Crescimento anual (em %)......	30
Figura 7 – Aerogerador com 80m e com 3Mw de potência.	31
Figura 8 – Esquema de um parque eólico	33
Figura 9 – Aerogerador de 2-3 Mw	34
Figura 10 – Corte com vista ao interior de uma cabine.....	35
Figura 11 – Torre meteorológica com anemómetro.	37
Figura 12 – Exemplo de um parque eólico.....	38
Figura 13 - Layout do parque eólico com a infra-estrutura planeada.....	39
Figura 14 – Exemplo de Parque Eólico construído em local de difícil acesso.....	40
Figura 15 – Layout de parque com as áreas de património a preservar	42
Figura 16 - Planeamento de parque eólico com as curvas indicativas de sombra em horas por ano.	44
Figura 17 – Aerogerador	47
Figura 18 – Sapata hexagonal de um aerogerador 2 a 3 Mw	48
Figura 19 – Perfil transversal tipo da via de acesso	49
Figura 20 – Plataforma tipo de montagem	50
Figura 21 – Valas tipo para passagem de cabos de MT	51
Figura 22 – Construção de um Edifício de Comando	52
Figura 23 – Construção da Subestação.....	56
Figura 24 – Montagem de um diferencial	57
Figura 25 – Certificado de qualidade de um fabricante de aerogeradores	58
Figura 26 – Exemplo de um esquema de Montagem de cabines e de fabrico de pás.....	59

Figura 27 – Fabrico de um painel de controlo	60
Figura 28 – Fabrico de um painel de uma pá	61
Figura 29 – Montagem de cabines	62
Figura 30 – Exemplo de um planeamento de um parque eólico em Diagrama de Gantt	63
Figura 31 – Equipamento utilizado na abertura de acessos	65
Figura 32 – Colocação de um anel de fundação na base.....	66
Figura 33 – Colocação de cabos de média tensão em vala.	67
Figura 34 – Construção de um Edifício de Comando	68
Figura 35- Cabo de média tensão de 240mm.....	69
Figura 36 – Montagem das pás de um aerogerador	70
Figura 37 – Equipamento na plataforma. Pronto a ser montado	71
Figura 38 – Manutenção exterior num aerogerador.....	73
Figura 39 - Reparação na caixa de velocidades de um aerogerador	74
Figura 40 – Exemplo de um gráfico de produção de energia a incluir num relatório anual	75
Figura 41 - Controlo remoto dos Aerogeradores instalado numa Subestação	78
Figura 42 – Anemómetro ultra-sónico na cabine de um aerogerador	79
Figura 43 – Exemplo de um estudo dos raios de curvatura necessários para transporte de pás	84
Figura 44 – Exemplo de uma plataforma de montagem	85
Figura 45 – Comprovação da passagem das pás	86
Figura 46 – Descarregamento de pás de aerogeradores no porto marítimo	87

1

INTRODUÇÃO

1.1. ÂMBITO E JUSTIFICAÇÃO DO ESTUDO

Devido aos sucessivos aumentos dos preços dos derivados do petróleo e com as crescentes preocupações ambientais existe cada vez mais a procura de outras formas de energia com ênfase nas renováveis. A energia eólica é hoje uma fonte de energia economicamente viável e que tem tido um grande desenvolvimento tecnológico nos últimos 20 anos.

A Europa está na vanguarda do desenvolvimento tecnológico tendo sido responsável em 2007 por 61% da energia eólica produzida mundialmente (57 Gw de um total de 94 Gw) continuando a ser o continente com maior aumento na produção no último ano (8,6 Mw de 19,7 Mw de aumento de capacidade em 2007).

O rápido crescimento da construção de parques eólicos, nomeadamente, nos últimos dez anos, vem confirmar a necessidade de se efectuarem estudos mais aprofundados sobre os processos específicos deste tipo de obras. Efectivamente, só em Portugal, existem mais de cem parques eólicos instalados, tendo sido atribuída pelo Governo Português, em 2007, a instalação de mais 1000 Mw, estando já em curso a atribuição de mais 1500 Mw, o que deixa antever uma grande actividade para o sector, durante os próximos anos.

A Gestão de obras de parques eólicos apresenta várias particularidades que descrevemos ao longo deste estudo, sendo um dos principais aspectos a realçar o facto de os aerogeradores representarem o investimento fundamental. Neste contexto, a função do empreiteiro Geral não é usualmente assumida pelo empreiteiro civil e/ou de Instalações eléctricas mas sim pelo fabricante dos aerogeradores, que nomeia o Director de Projecto, assume a montagem e fornecimento dos aerogeradores e subcontrata as especialidades civis e eléctricas.

1.2. BASE DO TRABALHO DESENVOLVIDO

Este estudo teve como base principal a experiência profissional do autor desenvolvida ao longo dos últimos 4 anos, na coordenação de projectos de parques eólicos, com entre 9 a 38 aerogeradores de capacidades entre os 2 e os 3 Mw.

Foi também alvo de estudo, diversa bibliografia e documentos extraídos de sítios internet sobre esta temática em particular, sob a estreita supervisão e apoio do orientador, Eng.º José Amorim Faria.

Através da recolha de elementos bibliográficos, de informação disponível sobre obras já construídas e de documentação técnica de fornecedores e agentes do sector, este trabalho visa alertar para os principais problemas de gestão que este tipo de obras acarreta, bem como contribuir para a melhoria geral do processo.

1.3. OBJECTIVOS

O objectivo principal é apresentar os aspectos fundamentais da promoção deste tipo de investimento, através da análise da sua viabilidade, apresentando a escolha dos locais, a análise dos ventos, o estudo das condicionantes ambientais, a capacidade energética a instalar e os custos a suportar.

Visa também fazer uma reflexão sobre os principais problemas correntemente experimentados neste tipo de processos e sugerir recomendações para a optimização da sua resolução.

Pretende ainda descrever a Gestão de Projectos de Parques Eólicos nas suas diferentes fases: Orçamentação, Preparação do fabrico e montagem, Planeamento da execução, Execução da obra (com realce dos aspectos críticos sujeitos a derrapagem de custos ou prazos), Utilização, Manutenção e Reabilitação.

Incutindo um cariz muito concreto e prático à descrição dos processos, pretende-se então criar um instrumento de apoio para Engenheiros que não estejam familiarizados com este género de construção ou para futuros Engenheiros que perspectivem trabalhar neste sector, especialmente na Gestão de Projectos ou na Direcção de Obra das empreitadas de Construção Civil e Instalações Eléctricas.

1.4. DESCRIÇÃO DO TRABALHO

No início deste trabalho, e após esta introdução, faz-se no Capítulo 2 uma abordagem das políticas energéticas da Europa em relação às energias renováveis e ao estado da energia eólica no Mundo e em Portugal.

No capítulo seguinte faz-se o estudo de viabilidade económica de um parque eólico e apresentam-se e descrevem-se genericamente os diversos estudos necessários para aprovação das entidades competentes. Ao longo deste capítulo 3 descrevem-se os procedimentos relativos ao estudo dos ventos e os requisitos a ter em conta na selecção da localização do parque e de cada um dos seus aerogeradores.

No capítulo 4 analisam-se os elementos que fazem parte de um orçamento-tipo para concurso de construção de um parque eólico nas suas 3 vertentes principais: aerogeradores, equipamentos eléctricos, construção e infra-estruturas.

No mesmo capítulo aborda-se também a preparação, fabrico e montagem dos componentes, com especial destaque para os aspectos relativos à qualidade, processos de produção, transformação e controlo. Apresentam-se os procedimentos a efectuar antes e durante a construção do parque eólico no que diz respeito aos equipamentos dos aerogeradores.

No capítulo 4.4 detalha-se todo o planeamento da construção. Analisam-se com especial destaque as tarefas mais importantes, identificam-se os caminhos críticos a ter em conta e quais os trabalhos-chave do projecto.

No capítulo dedicado à execução da Obra, descrevem-se os instrumentos de controlo de obra e também os trabalhos mais críticos que condicionam a viabilidade do projecto. Dá-se especial atenção à fase de montagem, devido às suas particularidades e importância e aos muitos problemas que correntemente acarreta.

No capítulo 4.6 descrevem-se as principais tarefas associadas à exploração, manutenção e reabilitação de um Parque Eólico, realçando também o papel das novas tecnologias a utilizar no controlo à distância dos aerogeradores.

No capítulo 5, elencam-se sugestões para a melhoria do processo de gestão, incluindo uma lista de operações, na qual, de forma prática e sintética, se listam os principais pontos a ter em atenção pelo profissional responsável pela Gestão de Projecto de um Parque Eólico.

2

ENERGIA EÓLICA EM PORTUGAL E NO MUNDO

2.1. ENERGIAS RENOVÁVEIS

2.1.1. POLÍTICA ENERGÉTICA PARA A EUROPA E AS ENERGIAS RENOVÁVEIS¹

A Europa entrou numa nova era energética

Existe uma necessidade urgente de investimento. Só na Europa, para dar resposta à procura energética prevista e substituir uma infra-estrutura envelhecida, serão necessários investimentos de cerca de um bilião de euros nos próximos 20 anos.

A dependência europeia das importações na área da energia está a aumentar. Se não forem tomadas medidas para tornar mais competitiva a produção interna de energia, nos próximos 20 a 30 anos 70% – contra os actuais 50% – das necessidades energéticas da UE serão cobertas por produtos importados, alguns deles provenientes de regiões ameaçadas por diferentes formas de insegurança política ou económica.

As reservas de produtos petrolíferos ou afins estão concentradas num pequeno número de países. Actualmente, cerca de metade do consumo de gás da UE provém de apenas três países (Rússia, Noruega, Argélia). Se persistirem as tendências actuais, as importações de gás poderão atingir os 80% nos próximos 25 anos.

Está a aumentar a procura global de energia. Prevê-se que a procura energética mundial (e das correspondentes emissões de CO₂) aumente cerca de 60% até 2030. O consumo global de petróleo aumentou 20% desde 1994, e prevê-se que a procura global de petróleo cresça 1,6% ao ano.

Os preços do petróleo e do gás estão a aumentar. Quase duplicaram na UE nos dois últimos anos, e os preços da electricidade têm acompanhado esta tendência. Esta situação é difícil para os consumidores. Com o aumento da procura global de combustíveis fósseis, cadeias de abastecimento alongadas e uma

¹ Adaptado da *Campanha Europeia de Energia Sustentável 2005-2008*, Comissão das Comunidades Europeias, 2005

maior dependência das importações, os preços elevados do petróleo e do gás vieram provavelmente para ficar. Poderão, contudo, vir a desencadear um aumento da eficiência energética e da inovação no sector.

O clima da terra está a aquecer. De acordo com o Painel Intergovernamental sobre alterações climáticas (IPCC), as emissões de gases com efeito de estufa já fizeram aumentar em 0,6°C a temperatura do globo. Se nada se fizer, haverá um aumento de 1,4 a 5,8°C até ao final do século. Todas as regiões do mundo (incluindo a EU) terão de enfrentar graves consequências para as suas economias e ecossistemas.

A Europa ainda não desenvolveu mercados energéticos plenamente competitivos. Só quando esses mercados existirem é que os cidadãos e empresas da UE tirarão todos os benefícios da segurança do aprovisionamento e de preços mais baixos. Para atingir este objectivo, devem ser desenvolvidas interconexões, estabelecidos e plenamente aplicados na prática quadros legislativos e regulamentares eficazes, e devem ser rigorosamente aplicadas as regras de concorrência comunitárias. Além disso, a consolidação do sector da energia deve ser orientada para o mercado se a Europa quiser responder com êxito aos muitos desafios que se lhe colocam e investir correctamente para o futuro.

É esta a nova paisagem energética do século XXI, em que as regiões económicas mundiais dependem umas das outras para garantir a segurança energética e condições económicas estáveis e desenvolver uma acção eficaz contra as alterações climáticas.

Os seus efeitos são sentidos directamente por todos. O acesso à energia é fundamental para o dia-a-dia de cada europeu. O cidadão europeu é afectado pelos aumentos dos preços, pelas ameaças à segurança do aprovisionamento energético e pelas alterações do clima europeu.

Uma energia sustentável, competitiva e segura é um dos pilares de base da nossa vida diária.

Esta situação exige uma resposta europeia comum. Os Chefes de Estado e de Governo da União Europeia, nas cimeiras de Outubro e Dezembro de 2005, reconheceram este facto e apelaram à actuação da Comissão. Eventos recentes vieram reforçar a importância deste desafio. Não basta uma abordagem baseada unicamente em 25 políticas energéticas individuais.

A UE dispõe dos instrumentos necessários. É o segundo maior mercado mundial da energia, com mais de 450 milhões de consumidores. Actuando em conjunto, tem força para proteger e afirmar os seus interesses. Tem não só a dimensão mas também o alcance político para fazer face à nova paisagem energética. A UE ocupa uma posição de primeiro plano mundial na gestão da procura, na promoção de formas novas e renováveis de energia e no desenvolvimento de tecnologias com baixa produção de carbono. Se a UE apoiar uma nova política comum com uma posição consensual nas questões energéticas, a Europa poderá liderar a procura de soluções energéticas a nível mundial.

A Europa deve actuar com urgência: são precisos muitos anos para pôr em marcha a inovação no sector energético. Deve também continuar a promover a diversidade – em termos de fontes de energia, de países de origem e de países de trânsito. Ao fazê-lo, criará as condições para o crescimento, o emprego, o aumento da segurança e a melhoria do ambiente. Os trabalhos têm avançado nestas questões sobre a segurança do aprovisionamento energético, mas devido a recentes desenvolvimentos nos mercados da energia, torna-se necessário um novo ímpeto europeu.

A protecção do ambiente e as obrigações de Quioto para a UE.

A poupança de energia é, sem dúvida, a forma mais rápida, eficaz e rentável de reduzir as emissões de gases com efeito de estufa e de melhorar a qualidade do ar, sobretudo nas regiões densamente povoadas. Ajudará, pois, os Estados-Membros a cumprir os compromissos por eles assumidos em Quioto. Dará também um importante contributo para os esforços desenvolvidos a longo prazo pela UE no combate às alterações climáticas através de novas reduções das emissões, no âmbito do futuro regime sob a égide da convenção-quadro das Nações Unidas sobre as alterações climáticas a partir de 2012. Muitos países em desenvolvimento reconhecem plenamente o papel essencial da eficiência energética para fazer face a estes múltiplos desafios. A Europa deve pois dar o exemplo, conduzindo ao desenvolvimento de novas políticas, relações de cooperação e tecnologias que ajudem os países em desenvolvimento a enfrentar este desafio.

Energias Renováveis – Ponto de vista da sua eficácia económica e contribuição para a poupança de energia, protecção do ambiente, criação de emprego e redução das importações de petróleo e de gás.

É urgente aumentar a utilização de fontes de energia renováveis.

Desde 1990 que a UE desenvolve um plano ambicioso e coroado de êxito para ocupar uma posição de vanguarda em matéria de energias renováveis. Para dar um exemplo, a UE tem agora uma capacidade instalada de energia eólica equivalente a 50 centrais eléctricas alimentadas a carvão, diminuindo os custos para metade nos últimos 15 anos. O mercado comunitário das energias renováveis tem um volume de negócios anual de 15 mil milhões de euros (metade do mercado mundial), emprega cerca de 300 000 pessoas e é um grande exportador. As energias renováveis começam agora a competir a nível de preços com os combustíveis fósseis.

Em 2001, a UE decidiu que a percentagem de electricidade produzida a partir de fontes de energia renováveis no consumo da UE deveria atingir os 21% até 2010. Em 2003, decidiu que pelo menos 5,75% de todo o petróleo e gasóleo deveriam ser substituídos por biocombustíveis até 2010. Vários países estão a apresentar um rápido aumento na utilização das energias renováveis graças a contextos políticos nacionais favoráveis. Mas, a manterem-se as tendências actuais, a UE falhará ambos os objectivos em 1 a 2 pontos percentuais. Se a EU quiser cumprir os seus objectivos a longo prazo de combate às alterações climáticas da redução da sua dependência das importações de combustíveis fósseis, terá de cumprir e mesmo superar esses objectivos. As energias renováveis já são a terceira fonte de geração de electricidade no mundo (depois do carvão e do gás) e têm potencial para continuar a crescer, com todas as consequentes vantagens ambientais e económicas.

Para que as energias renováveis realizem todo o seu potencial, o contexto político deve ser favorável e, em especial, deveram incentivar a competitividade crescente dessas fontes de energia.

Embora já sejam viáveis algumas fontes de energia autóctones com baixa produção de carbono, outras, como a energia eólica *offshore*, oceânica e das marés necessitam de encorajamento positivo para se realizarem.



Figura 1- Parque eólico *offshore*²

O pleno potencial das energias renováveis só será realizado se houver um empenhamento a longo prazo em desenvolver e instalar energias renováveis. Paralelamente à análise estratégica da energia da UE, a Comissão irá apresentar um roteiro das energias renováveis. Este roteiro abrangerá questões essenciais para uma política comunitária eficaz em matéria de energias renováveis:

- Um programa activo de medidas práticas para assegurar o cumprimento dos actuais objectivos;
- Considerar quais as metas ou objectivos necessários para além de 2010, e a natureza desses objectivos, a fim de dar certezas a longo prazo à indústria e aos investidores, bem como dos programas e medidas activos necessários para o tornar realidade. Esses eventuais objectivos poderiam ser completados por objectivos operacionais alargados em matéria de electricidade, combustíveis e possivelmente aquecimento;
- Uma nova directiva comunitária relativa ao aquecimento e arrefecimento, a servir de complemento ao quadro comunitário de poupança de energia;
- Um plano pormenorizado a curto, médio e longo prazo para estabilizar e reduzir gradualmente a dependência da UE do petróleo importado. Esse plano deve basear-se no actual plano de acção para a biomassa² e na estratégia para os biocombustíveis³;
- Investigação, demonstração e iniciativas de replicação comercial para aproximar dos mercados as fontes de energia limpas e renováveis.

² Foto retirada do site <http://libizblog.wordpress.com/2007/10/21/delawares-lesson/>

O roteiro seria baseado numa avaliação de impacto aprofundada, que compararia as fontes de energia renováveis com as outras opções disponíveis.

Utilizar melhor a fiscalidade

A UE poderia promover, mais do que o faz hoje, medidas fiscais que encorajem ou desencorajem determinadas formas de comportamento. Actualmente, a política fiscal comunitária ainda continua a ser muitas vezes um simples instrumento ao serviço dos orçamentos, sem grande coerência com os objectivos de outras políticas, e repleta de isenções não fundamentadas, exigidas pelos Estados-Membros com base em argumentos de vária ordem, frequentemente do cariz político ou económico.

Obter financiamento europeu

Para a política de coesão da UE no período de programação de 2007-2013, a Comissão sugeriu que o aumento da eficiência energética e a promoção de transportes urbanos «não poluentes» fossem apontados como objectivos explícitos da actividade do Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional tanto nas regiões de convergência como nas que estão a executar programas de competitividade a nível regional.

Além disso, a Comissão propôs que, no actual período de programação, o Fundo de Coesão (que inicialmente deveria ser apenas utilizado para projectos em matéria de desenvolvimento económico) actualmente contempla outros domínios de importância para o desenvolvimento sustentável e os benefícios ambientais.

Conclusões

Num mundo de interdependência global, a política energética tem necessariamente uma dimensão europeia.

A política energética europeia deverá seguir três grandes objectivos:

- Sustentabilidade: i) desenvolver fontes de energia renováveis competitivas e outras fontes de energia e vectores com baixa produção de carbono, nomeadamente combustíveis alternativos para os transportes, ii) reduzir a procura de energia na Europa e iii) liderar os esforços globais para travar as alterações climáticas e melhorar a qualidade do ar local;
- Competitividade: i) assegurar que a abertura do mercado da energia traga benefícios aos consumidores e à economia em geral, incentivando ao mesmo tempo o investimento na produção de energia limpa e na eficiência energética, ii) atenuar o impacto do aumento dos preços internacionais da energia na economia comunitária e nos seus cidadãos e iii) manter a Europa na vanguarda das tecnologias energéticas;
- Segurança do aprovisionamento: combater a crescente dependência comunitária da energia importada graças a i) uma abordagem integrada – redução da procura, diversificação do cabaz energético da UE com uma maior utilização de energias autóctones e renováveis competitivas e diversificação das fontes e rotas de aprovisionamento de energia importada, ii) criação do quadro que incentivará investimentos adequados para fazer face ao aumento da

procura energética, iii) melhor equipamento da UE para dar resposta a situações de emergência, iv) melhoria das condições de acesso aos recursos globais para as empresas europeias e v) garantia do acesso à energia para todos os cidadãos e empresas.

- Para atingir estes objectivos, é importante inseri-los num quadro geral, a primeira análise estratégica da energia da UE. Poderiam ser complementados por um objectivo estratégico conciliando os objectivos do desenvolvimento sustentável, competitividade e segurança do aprovisionamento: por exemplo, procurando que um nível mínimo de energia seja proveniente de fontes de energia seguras e com baixa produção de carbono no cabaz energético geral da UE. Isto combinaria a liberdade dos Estados-Membros de escolher entre várias fontes de energia e a necessidade de a UE no seu conjunto, dispor de um cabaz energético que respeite, em geral, os seus seis grandes objectivos energéticos e que a seguir se enumera.

Objectivos da EU no sector energético para os próximos 5 anos

1. A UE deve realizar os mercados internos do gás e da electricidade. As acções a adoptar poderiam incluir as seguintes medidas:

- Desenvolvimento de uma rede europeia, nomeadamente através de um código de rede. Deveria também ser considerada a possibilidade de criar um regulador europeu e um centro europeu para as redes energéticas;
- Melhoria das interconexões;
- Criação do quadro para incentivar novos investimentos;
- Maior eficácia da separação;
- Promoção da competitividade, nomeadamente através de uma melhor coordenação entre reguladores, autoridades responsáveis pela concorrência e a Comissão.

2. A UE deve assegurar que os seus mercados internos da energia garantam a segurança do aprovisionamento e a solidariedade entre Estados-Membros. As medidas concretas poderiam incluir:

- Uma revisão da actual legislação comunitária sobre reservas de petróleo e de gás, para a adaptar aos actuais desafios;
- Um Observatório Europeu do Aprovisionamento Energético, para melhorar a transparência nas questões de segurança do aprovisionamento energético na UE;
- Maior segurança da rede graças ao aumento da cooperação entre operadores de rede e eventualmente de um agrupamento formal europeu de operadores de rede;
- Maior segurança física da infra-estrutura, possivelmente através de normas comuns;
- Maior transparência das reservas energéticas a nível europeu.

3. A Comunidade tem necessidade de um verdadeiro debate a nível comunitário sobre as diversas fontes de energia, incluindo os seus custos e contributos para as alterações climáticas, para podermos certificar-

nos de que, em geral, o cabaz energético da UE prossegue os objectivos de segurança do aprovisionamento, competitividade e desenvolvimento sustentável, atrás explicados.

4. A Europa deve gerir os desafios das alterações climáticas de uma forma compatível com os objectivos da Cimeira de Lisboa de 2005. A Comissão poderia propor as seguintes medidas ao Conselho e ao Parlamento Europeu:

i) Um objectivo claro de dar prioridade à eficiência energética, com uma meta de poupança de 20% da energia que a UE utilizaria até 2020 e adoptando uma série de medidas concretas para atingir este objectivo, nomeadamente:

- Campanhas sobre a eficiência, nomeadamente nos edifícios;
- Aproveitamento de instrumentos e mecanismos financeiros para incentivar o investimento;
- Um esforço renovado no sector dos transportes;
- Um sistema à escala europeia de comércio de “certificados brancos”;
- Melhor informação sobre o desempenho energético de alguns aparelhos, veículos e equipamento industrial e eventualmente normas mínimas de desempenho.

ii) Adopção de um roteiro a longo prazo para as fontes de energia renováveis, incluindo:

- Um esforço renovado para cumprir os actuais objectivos;
- Consideração das metas ou objectivos que são necessários para além de 2010;
- Uma nova directiva comunitária relativa ao aquecimento e arrefecimento.
- Um plano pormenorizado para estabilizar e gradualmente reduzir a dependência comunitária do petróleo importado;
- Iniciativas para aproximar as fontes de energia renováveis dos mercados.

5. Um plano estratégico para as tecnologias energéticas, utilizando da melhor forma possível os recursos europeus, com base nas plataformas tecnológicas europeias e podendo optar por iniciativas tecnológicas conjuntas ou empresas comuns para desenvolver mercados de ponta para a inovação em matéria de energia. Este plano seria apresentado assim que possível ao Conselho Europeu e ao Parlamento Europeu para aprovação.

6. Uma política energética externa comum. Para dar resposta aos desafios dos preços elevados e voláteis da energia, do aumento da dependência das importações, de uma procura energética em forte crescimento a nível global e do aquecimento do clima, a UE deve ter uma política energética externa claramente definida e praticá-la, tanto a nível nacional como comunitário, a uma só voz. Para este fim, a Comissão propõe:

- Identificar as prioridades europeias para a construção das novas infra-estruturas necessárias à segurança do aprovisionamento energético da UE;
- Desenvolver um Tratado da Comunidade pan-europeu da energia.
- Uma nova parceria energética com a Rússia;

- Um novo mecanismo comunitário que permita uma reacção rápida e coordenada às situações de emergência externa no aprovisionamento energético com impacto no aprovisionamento da UE;
- Estreitar relações no domínio energético com os grandes produtores e consumidores;
- Um acordo internacional sobre eficiência energética.

2.1.2. POLÍTICA ENERGÉTICA PARA PORTUGAL E AS ENERGIAS RENOVÁVEIS³

O Governo aprovou uma Resolução que sistematiza as orientações sobre Política Energética, assente em três eixos estratégicos: a segurança do abastecimento nacional, o fomento do desenvolvimento sustentável e a promoção da competitividade nacional.

A Resolução detalha as orientações e objectivos consagrados no Programa do Governo, definindo as medidas que os concretizam. São objectivos da Política Energética os seguintes:

1. Liberalização do mercado;
2. Redução da intensidade energética no produto;
3. Redução da factura energética;
4. Melhoria na qualidade de serviço;
5. Segurança no aprovisionamento e do abastecimento;
6. Diversificação das fontes e aproveitamento dos recursos endógenos;
7. Minimização do impacto ambiental;
8. Contribuição para o reforço da competitividade e da economia nacional.

Estes objectivos vêm ao encontro das necessidades e exigências dos produtores e consumidores, em especial dos consumidores industriais e dos serviços, que em muitos casos ainda não aproveitam algumas alterações, designadamente na estrutura tarifária, que permitem gerir mais eficazmente a factura energética, bem como novas soluções tecnológicas e de modernização de equipamentos produtivos.

Energias renováveis

Outro grande desafio assumido é o do aumento da participação das energias renováveis na oferta, bem como, o dos novos mercados dos serviços energéticos, das emissões e dos futuros certificados verdes.

As orientações descritas neste documento – e que temos vindo a imprimir à política energética – são as adequadas para assegurar o reforço da competitividade das empresas num quadro de eficiência e de aumento da utilização dos recursos energéticos endógenos.

O Governo quer que as empresas portuguesas sejam servidas por produtores e fornecedores eficientes no âmbito do mercado ibérico, o que constitui um enorme desafio para as empresas do sector nacional de

³ Adaptado da Política Energética, Ministério da Economia, 2006

energia, que terão de assumir objectivos de eficiência ambiciosos e estratégias de desenvolvimento claras e centradas no seu negócio principal.

Os eixos principais da política do Governo na área das energias renováveis são as seguintes:

1. Reduzir a dependência externa de energia primária – com aproveitamentos hidroelétricos e incentivando as energias renováveis. Actuar do lado da procura, promovendo a utilização racional da energia, e do lado da oferta, incentivando os investimentos de que resulte a redução da importação de energia primária.
2. Diversificar as fontes externas, por países e por tipo de fonte – através da melhoria do abastecimento de gás natural com o terminal da recepção de gás natural liquefeito em Sines, a armazenagem subterrânea de Gás Natural e o reforço das interligações por gasoduto no interior e com o exterior da Península Ibérica. O reforço das interligações eléctricas entre Portugal e Espanha e entre Espanha e França, já em curso, facilitará a integração de Portugal no Mercado Europeu de Electricidade, permitindo o acesso em maior escala de consumidores portugueses à produção eléctrica espanhola e às sobre capacidades existentes além Pirenéus.
3. A aposta nas energias renováveis adquire, uma vez mais, um cariz decisivo, nomeadamente, através do reforço do parque de centrais hidroelétricas e eólicas. Assume ainda particular relevo a gestão luso-espanhola de recursos hídricos internacionais, garantindo uma equidade de uso desses recursos na produção de electricidade em território nacional.

Há que assegurar o planeamento articulado e a construção de infra-estruturas de acesso e de redes de transporte e de distribuição de gás natural, bem como de redes de distribuição de electricidade, garantindo o fornecimento de energia em condições de quantidade e qualidade adequadas. Num contexto de mercado ibérico e europeu, as interconexões eléctricas, objecto de um programa de desenvolvimento coordenado com Espanha, que se prevê concluído até 2006, assumem um carácter fundamental.

Fomentar o Desenvolvimento Sustentável

Portugal apresenta indicadores de utilização racional de energia que não são compatíveis com um nível apropriado de qualidade ambiental e com a competitividade económica, sendo necessário tomar medidas de fundo, que respeitem compromissos internacionais assumidos, nomeadamente os que resultam do Protocolo de Quioto.

O Programa do Governo consagra o apoio ao desenvolvimento das energias renováveis; a promoção de aproveitamentos hidroelétricos de fins múltiplos para produção de energia e aproveitamento de água; o incentivo ao consumo de energias ambientalmente mais limpas e a gestão da procura de energia, nomeadamente pela promoção da inovação tecnológica e pelo aumento da eficiência na sua utilização. Para concretizar este segundo eixo estratégico, vai o Governo:

1. Adoptar mecanismos que concretizem o Protocolo de Quioto – as actuais previsões apontam para que Portugal seja dos países da UE pior colocados para cumprir os compromissos assumidos. Estima-se aliás que Portugal tenha já ultrapassado (até 1999 as emissões já tinham subido 24,5 por cento, quando o limite era de 27 por cento até 2010) as emissões admissíveis para 2008-10.

2. Promover a utilização racional de energia – em Setembro de 2001 foi aprovado o Programa E4 – Eficiência Energética e Energias Endógenas, cuja concretização e monitorização exigem a continuidade de um esforço acentuado.

O respeito pelos objectivos da Directiva europeia relativa à produção de electricidade a partir de fontes renováveis, que aponta para que, em 2010, 39% da electricidade consumida em Portugal seja de origem renovável, implica que este sector vá mobilizar perto de 5 mil milhões de euros de investimento até esta data. A manutenção pelo Governo do actual sistema de apoio às energias renováveis e a resolução dos entraves que ainda subsistem, tem como objectivo a concretização destas metas e a viabilização de uma fileira industrial e de know-how português, cujo potencial de criação de emprego e de exportação é muito significativo.

Promover a Competitividade Nacional

A factura energética é um dos factores mais determinantes da competitividade do país. Portugal enfrenta hoje o desafio da melhoria da sua competitividade num contexto de globalização e entrada de novos países na União Europeia.

O Governo acredita que o aumento da abertura e da concorrência nos mercados energéticos é não só importante, mas também uma necessidade.

Isso trará benefícios claros para as empresas e para a sua competitividade. As entidades reguladoras desempenham aqui um papel essencial de defesa dos interesses dos consumidores, no quadro dos objectivos de política económica democraticamente legitimada.

As orientações estratégicas, alicerçadas também em objectivos ambientais, dirigidas à política energética são as adequadas para assegurar o reforço da competitividade das empresas num quadro de eficiência, valorização da produção endógena de energia e cumprimento das obrigações de carácter ambiental.

Medidas concretas na área das Energias renováveis – Processos em curso

- - Incentivar uso de colectores solares e implementar o uso de Água Quente Solar;
- - Dedução fiscal correspondente à aquisição de colectores solares e outros equipamentos até 700 euros. Programa Água Quente Solar – objectivo: instalar 1 milhão de m² de colectores até 2010;
- - Incentivar o aproveitamento de energias endógenas e mais limpas;
- - IVA à taxa de 12 por cento para os equipamentos destinados ao aproveitamento de energias endógenas.

2.2. A ENERGIA EÓLICA NO MUNDO

2.2.1. INTRODUÇÃO

Segundo um grupo de investigadores da Universidade de Stanford, num trabalho publicado no *Journal of Geophysical Research*, o vento produz cinco vezes a energia necessária na Terra e portanto é susceptível de satisfazer todas as necessidades energéticas a nível mundial.

A América do Norte e a Antárctica são os melhores locais do mundo para a produção de energia eólica. Mas também são zonas muito favoráveis a esta energia limpa a Europa do Norte, nomeadamente junto ao mar do Norte, a ponta sul do continente sul-americano e a Tasmânia, na Oceânia.

Actualmente o vento representa apenas uma ínfima parte da produção energética mundial, mas o negócio das eólicas começou a mexer e está a crescer rapidamente. A Alemanha, por exemplo, fez uma aposta gigantesca na energia eólica, sendo, neste momento, responsável por 37 por cento da energia do vento que se produz no mundo. Logo seguido dos Estados Unidos e de Espanha, ambos com 16 por cento. Na Europa, em particular, esta solução é vista com muita expectativa, nomeadamente devido aos problemas criados com a poluição e os valores de emissões gasosas libertados para a atmosfera, que hoje pagam taxas compensadoras, de acordo com o protocolo de Quioto e as regras rígidas da UE.

O Reino Unido já definiu que quer ter 10 % da sua electricidade produzida, até 2010, por fontes não poluentes, entre as quais o vento deverá representar o grande bolo. Já aprovou novas regras para que os agricultores possam, sem grandes custos, e até com incentivos, instalar turbinas nas suas terras.

Portugal também já anunciou um investimento de três mil milhões de euros nas eólicas.

Os sucessivos aumentos do preço do petróleo e do gás natural assim como a situação instável que se vive no Médio Oriente, onde se situam grande parte das reservas mundiais, tem intensificado a busca de soluções energéticas alternativas aos recursos fósseis.

Mas nem tudo tem sido cor-de-rosa para os defensores da energia eólica. Há um *lobby* poderosíssimo que agita as opiniões públicas defendendo que esta solução tem grandes impactos visuais. E é verdade, as turbinas têm de ser gigantes, e normalmente o vento está nos pontos altos sendo vistas de todos os lados. Há também os ambientalistas que receiam que as aves morram no embate com as turbinas e as entidades aeronáuticas que receiam que as turbinas causem problemas no tráfego aéreo.

2.2.2 CAPACIDADE PRODUTIVA⁴

Os aerogeradores produzem mais de 1% de energia global mundial com uma produção total instalada de 93,8 Gw, tendo tido um aumento de 19,7 Gw em 2007 representando um aumento de 26,6 %. A energia eólica é usada em mais de 70 países sendo os USA (5,2 Gw), a Espanha (3,5 Gw) e a China (3,3 Gw) os

⁴ Dados da WWEA (World Wind Energy Association), 2007

países que mais produziram em 2007. A indústria do vento emprega 350.000 pessoas no mundo sendo 300.000 em 2006.

Baseado neste desenvolvimento rápido, a WWEA (World Wind Energy Association) estima para 2010 que a produção instalada atingirá os 170.000 Mw.

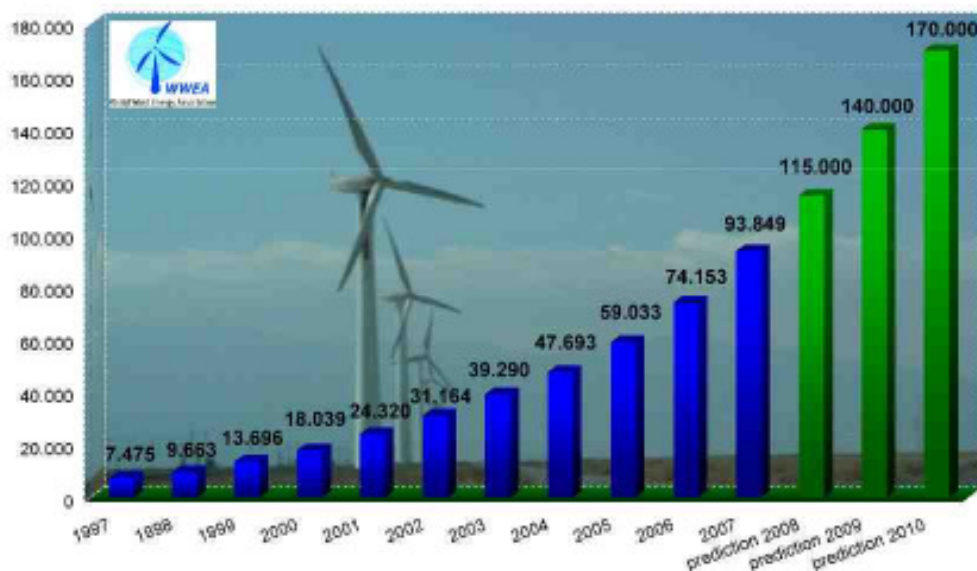


Figura 2 - Evolução da capacidade instalada nos últimos 10 anos e previsão até 2010

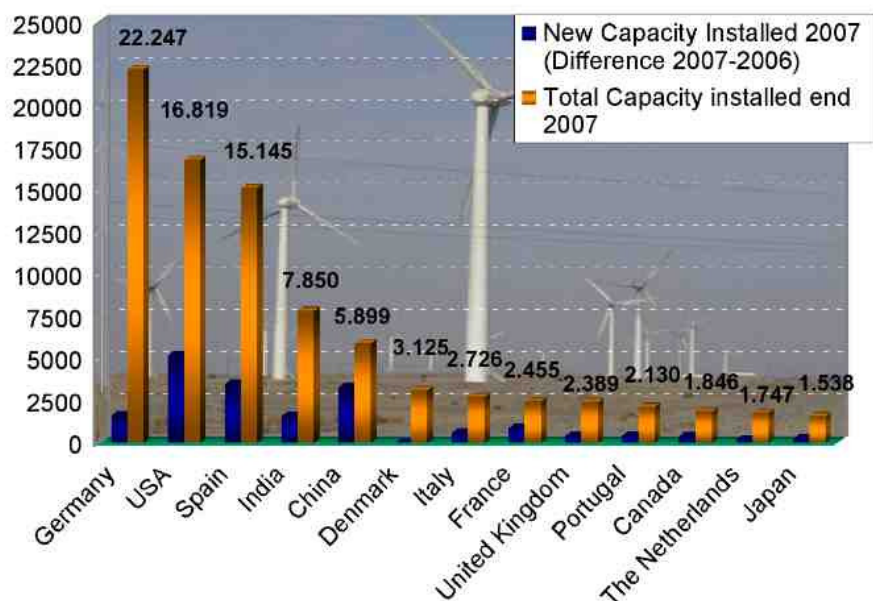


Figura 3 – Capacidade instalada por países e aumento da capacidade em 2007

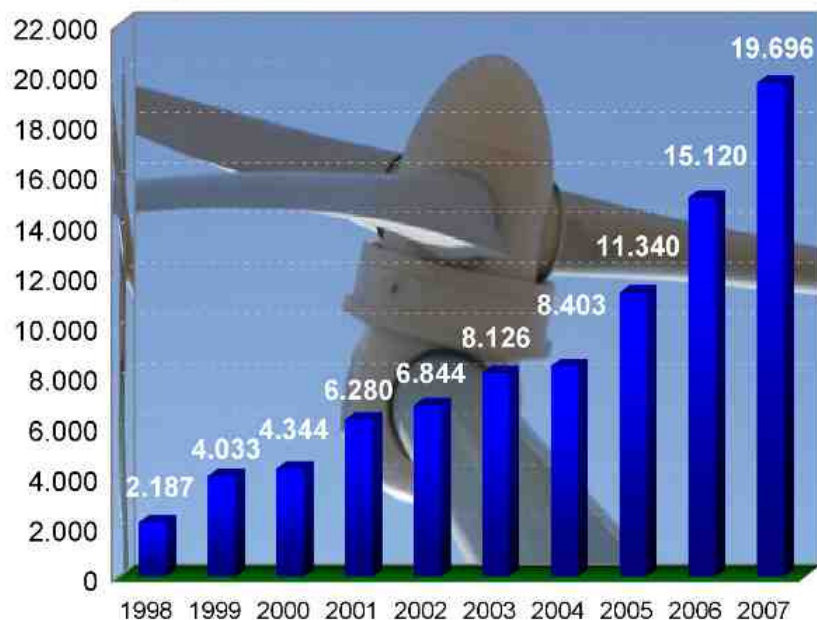


Figura 4 – Produção (em Mw) de novos aerogeradores nos últimos 10 anos

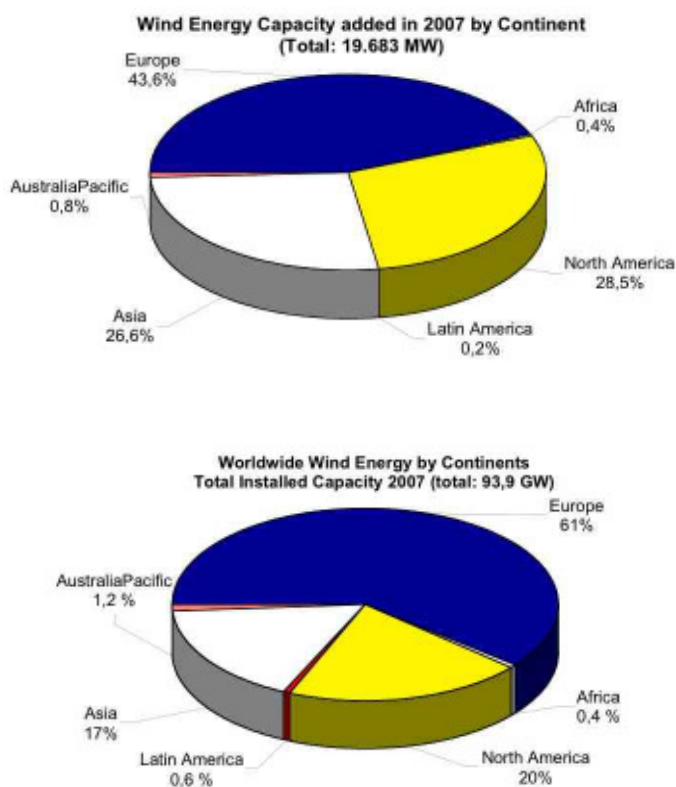


Figura 5 – Produção total e capacidade instalada em 2007 por continente

Em 2007 os países que mais cresceram foram a China (3.313 Mw) com um aumento de 127,5 % na capacidade instalada estando agora no 3º lugar dos países produtores de energia eólica, a França (888 Mw) com um aumento de 56,7% e a Itália (603 Mw) com um aumento de 28,4 %.

Nos últimos 10 anos o mercado de vendas de aerogeradores tem crescido exponencialmente tendo aumentado 30% em 2007 atingindo praticamente os 20 Gw/ano.

Em termos de distribuição por continentes, a Europa continua a liderar com a maior capacidade instalada (61% de 93,9 Gw) e com o maior aumento de capacidade instalada em 2007 (43,6% de 19,7 Gw, ou seja, cerca de 8,7 Gw). Em 2007 a América do Norte cresceu 28,5% e a Ásia 26,6% enquanto que a África e a Ásia só cresceram 0,4% e 0,6% respectivamente.

Um importante indicador da vitalidade do mercado da energia eólica é as taxas de crescimento comparadas com a capacidade instalada do ano anterior. O crescimento constante de cerca de 25% ao ano desde 2004 é promissor, a maior contribuição para este crescimento veio dos grandes mercados (USA, Espanha e China) com crescimento acima da média.

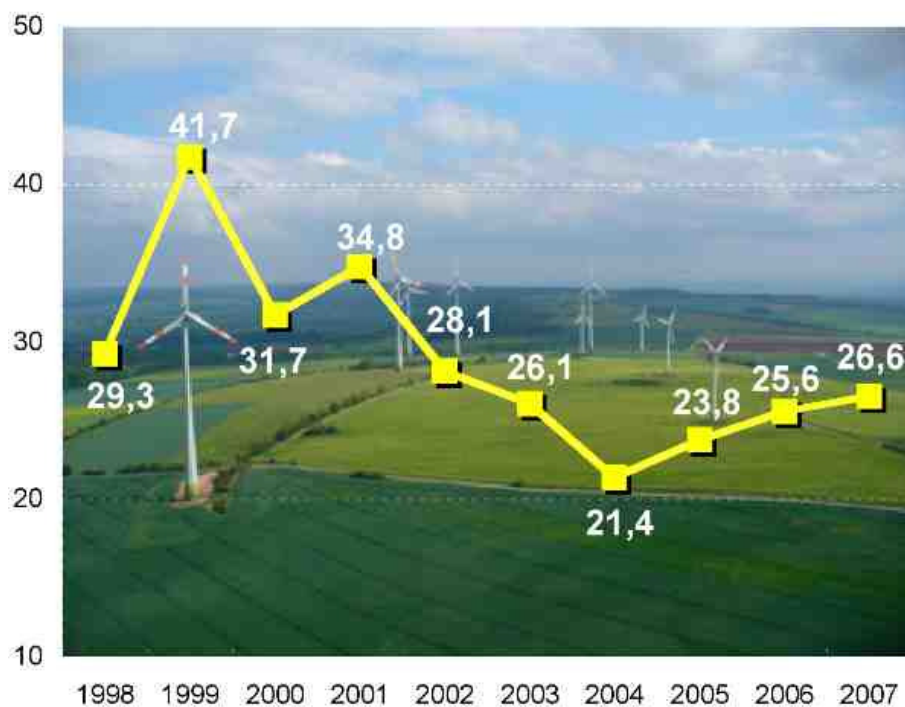


Figura 6 - Crescimento anual (em %)

2.3. A ENERGIA EÓLICA EM PORTUGAL⁵

Portugal duplicou a produção energética a partir de fontes renováveis de 15,9%, em 2005 para 31,7% em 2006. A energia eólica correspondeu no mesmo período a um aumento de 4,1% para 6,5%, sendo Portugal o país que mais cresceu na utilização desta fonte de energia.

Portugal é, na actualidade, um dos países da União Europeia com a meta mais elevada no uso de energias renováveis. O país assumiu o compromisso de alcançar, em 2010, 39% da energia a ser produzida por fontes renováveis e, mais recentemente, elevou a fasquia para 45%. Estes objectivos pretendem colmatar o défice de energia, bem como a redução de CO₂, e a ênfase deste aumento será colocada na aposta em energia eólica. Para atingir esta meta, Portugal terá que investir até 2010 6.400 milhões de euros, o que equivale a 4% do Produto interno Bruto (PIB), em que 65% deste valor será para investir na energia eólica e poderá criar 10.000 postos de trabalho directos.



Figura 7 – Aerogerador com 80m e com 3Mw de potência.

O investimento em energia eólica em 2006 foi de 850 milhões e em 2007 de 1.000 milhões de euros. Portugal tem, actualmente, cerca de 1.600 aerogeradores instalados por mais de 100 parques eólicos, representando um total de 1.600 Mw de potência.

O Governo Português atribuiu, em 2007, direitos de ligação de parques eólicos à rede pública, no correspondente a 1.000 Mw ao consórcio Eólicas de Portugal liderado pela EDP, estando em fase de atribuição, mais 1.500 Mw.

⁵ Dados da Direcção Geral de Energia e Geologia, 2007

A título de curiosidade, em 2008, entrará em funcionamento em Portugal o Parque Eólico maior da Europa, com o valor de 500 milhões de euros, pertença da francesa EDF. Este contará com 120 aerogeradores com uma potência instalada total de 240Mw (cerca de 1,25% do consumo de energia eléctrica do país).

Devido à relevância que a energia eólica tem para o futuro do país (da Europa e do Mundo), este trabalho visa o estudo da construção de um parque eólico.

3

VIABILIDADE DE UM PARQUE EÓLICO

3.1. INTRODUÇÃO

3.1.1 PARQUE EÓLICO

Um parque eólico tem como objectivo a produção de energia eléctrica através do aproveitamento da velocidade do vento. O parque eólico consiste num conjunto de aerogeradores interligados por cabos de média tensão e cabos de comunicação conectados a uma Subestação e a um Edifício de Comando, que por sua vez, têm uma linha (normalmente aérea) de ligação à Rede eléctrica nacional.

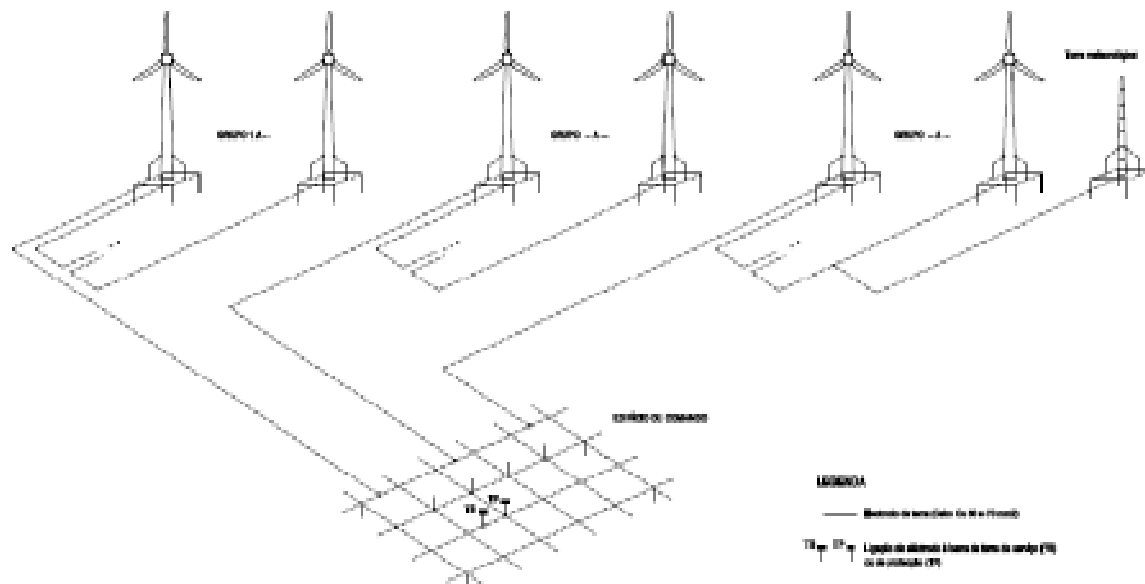


Figura 8 – Esquema de um parque eólico

Para acesso e montagem de um parque eólico é necessária a construção de acessos rodoviários, junto aos quais se constrói a vala de caminho de cabos de média-tensão que ligam à subestação. Na subestação, encontra-se o transformador e o restante equipamento eléctrico e, no Edifício de Comando adjacente,

encontra-se o equipamento de controlo e leitura, o escritório do operador e normalmente um pequeno armazém de peças.

Os parques eólicos são construídos em locais altos onde a velocidade do vento é maior, mas também existem no mar. Neste último caso, são chamados por *Offshore*.

Nos últimos 10 anos, os Parques Eólicos têm tido uma evolução muito acentuada, passando de valores de 10 Mw para 100Mw de potência por parque. Também a estrutura dos aerogeradores progrediu, passando de uma altura de 40m para 80m e de produções de 700Kwh para 2500Kwh por aerogerador.

3.1.2 AEROGERADORES

Os aerogeradores de grande capacidade (2-3Mw) são constituídos por uma fundação redonda, quadrada ou hexagonal com cerca de 300 m³ de betão armado, uma torre de 3 ou 4 tramos com cerca de 80m de altura, uma cabine com o gerador e transformador (em alguns modelos está na base), caixa de velocidades (alguns modelos não têm), o sistema de transmissão, o circuito de arrefecimento e todo o sistema de quadros eléctricos e respectivas interligações. Também são constituídos pelo nariz (hub) que serve de encaixe às pás.

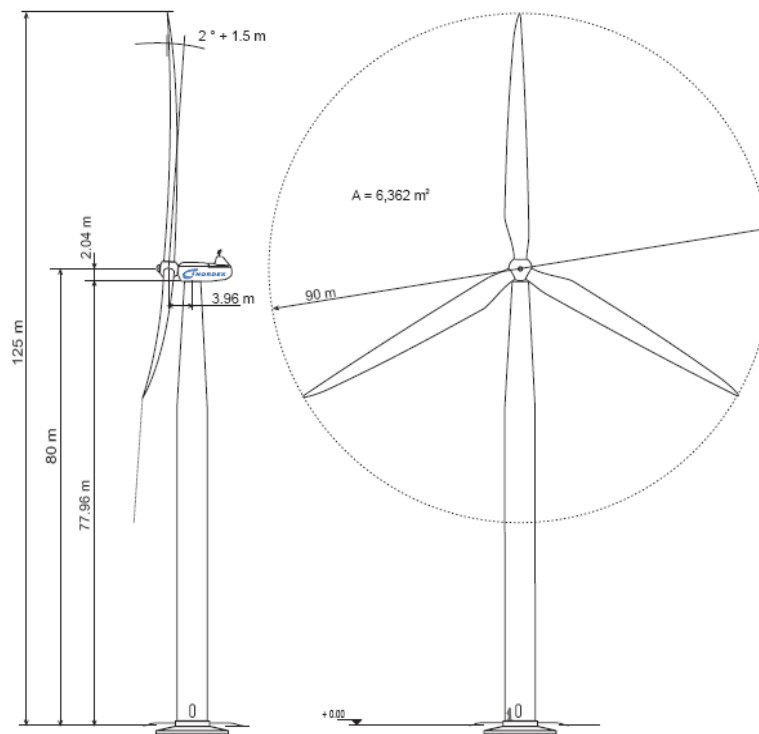


Figura 9 – Aerogerador de 2-3 Mw

Os aerogeradores têm um sistema deslizante em rotação (yaw) que faz com que estejam permanentemente virados de frente para a direcção predominante do vento. Além disso também têm um sistema de ajuste á direcção do vento (pitch) que faz variar o ângulo de ataque ao vento conforme a sua velocidade. As variações das características do vento estão permanentemente a ser analisadas por anemómetros (em alguns casos ultra sónicos), montados na cabine e a transmitir os dados para o sistema de controlo do aerogerador (tempo de reacção na ordem dos milionésimos de segundo).

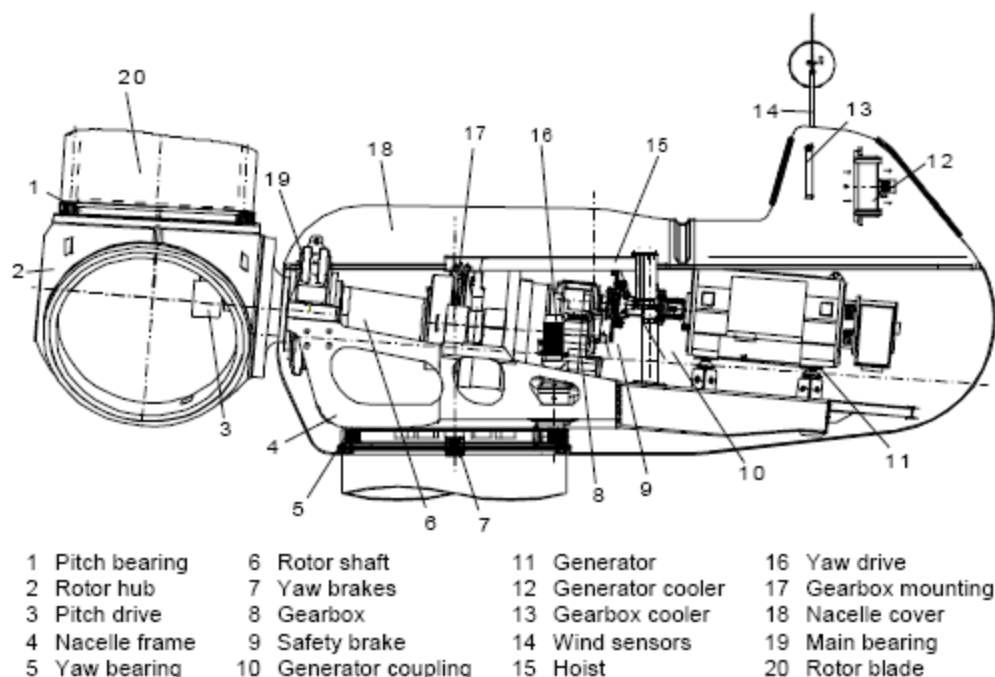


Figura 10 – Corte com vista ao interior de uma cabine

3.1.3 ESTUDO ECONÓMICO

A viabilidade económica de um parque eólico é uma condição fundamental e decisiva para a sua construção. No cálculo da viabilidade económica de um Parque Eólico normalmente adapta-se um período de operação de cerca de 20 anos e os vários custos (rendimento da energia, reparações, etc.) devem ser considerados, mesmo que não possam ser estimados ou medidos com precisão. Os custos financeiros são factores cruciais para a viabilidade do projecto e dependem muito do preço inicial dos aerogeradores e dos custos de manutenção/operação a eles associados.

Os principais custos a ter em conta são os seguintes:

- Caracterização do potencial eólico (este assunto é analisado no capítulo 3.2);
- Compra e/ou aluguer dos terrenos;

- Estudo de impacte ambiental e estudos arqueológicos, incluindo possíveis (prováveis) aditamentos a incluir no projecto de licenciamento camarário;
- Projecto de licenciamento com acessos, valas de cabos e arquitectura do Edifício de Comando e Subestação;
- Quadro técnico para lançamento de Processo de concurso com análise de propostas de fabricantes de aerogeradores, empreiteiros civis e eléctricos;
- Execução da obra do parque eólico (este assunto é analisado no capítulo 4);
- Projecto, licenciamento e construção da linha aérea de ligação entre o Parque eólico e a rede nacional ;
- Melhoramento das vias públicas para passagem dos aerogeradores;
- Preço dos aerogeradores;
- Gestão, fiscalização e assistência técnica durante a fase de construção;
- Custos de operação (manutenção, reparação, seguros, etc.) e de desmantelamento dos aerogeradores.

Os custos deveram ser detalhados e calculados conservadoramente pois de outra forma, os investidores e bancos financiadores não ficarão convencidos da viabilidade económica e financeira do projecto.

Por outro lado, o preço de venda da electricidade à rede também é decisivo bem com o seu subsídio por parte da União Europeia (poderá representar 25% do custo total do parque) que, no caso português, só será aceite se houver acordo de venda à REN (rede eléctrica nacional) pelo menos por um prazo de 10 anos.

3.2. ESCOLHA DOS LOCAIS

O estudo deverá começar com a escolha dos melhores locais para o posicionamento dos aerogeradores. Ferramentas tais como mapas de vento ajudam a determinar as melhores posições, mas não substituem o Projectista, que tem de saber contrabalançar todos os factores e tomar a decisão final. De seguida elencamos os factores que mais contribuem para fundamentar a decisão de escolha de localização.

3.2.1 ESTUDO DOS VENTOS

Uma estimativa das condições locais do vento é muito importante na selecção do local. Se a velocidade do vento é 10% menor do que o esperado, o rendimento energético vai cair mais de 30%, o que pode rapidamente ter uma grande influência económica na rentabilidade do projecto. Para além de a avaliação da velocidade do vento se basear, em geral, em dados meteorológicos, a previsão dos ventos exige também uma análise da geografia do local seleccionado, ou seja, da estrutura do terreno, da rugosidade da superfície, bem como do tipo e tamanho dos obstáculos naturais. Além disso, quaisquer obstáculos tais como linhas de árvores, edifícios ou outras turbinas eólicas devem ser registados com precisão. Nesta fase,

um especialista experiente deve ser consultado para ajudar a determinar a forma e os métodos que serão utilizados para determinar com precisão os locais potenciais de produção de energia eólica.

Vários métodos poderão ser usados para medir, simular e avaliar as condições do vento, dependendo das condições locais, da qualidade do vento e dos dados disponíveis para a região, como as medições nas estações. Uma metodologia adequada deverá ser escolhida e deverá ser verificada a necessidade ou não de efectuar medições adicionais para confirmar as previsões iniciais.



Figura 11 – Torre meteorológica com anemómetro suficientemente afastado de modo a não sofrer obstruções.

Normalmente as características de vento são confirmadas no local com o auxílio de pelo menos de 2 torres meteorológicas (uma no início e outra no fim do parque eólico) em locais sem obstáculos naturais relevantes. Os dados deverão ser recolhidos interruptamente durante pelo menos durante 6 meses e serem verificados regularmente.

As torres meteorológicas são torres metálicas treliçadas e atirantadas pintadas de vermelho e branco e com luzes de aviso á navegação aérea, equipadas com painéis solares e respectivas baterias. Têm um painel de controlo com recolha de dados bem como um sistema transmissor de dados por rádio. Os equipamentos meteorológicos deverão ser colocados à mesma altura dos futuros aerogeradores.

O equipamento deverá ser constituído por anemómetros (aparelho que serve para medir a velocidade do vento), deverão ser dois por torre para se poder verificar a fiabilidade das leituras, um cata-vento (aparelho

para determinação da direcção do vento), sensor de pressão atmosférica (porque a produção eólica também varia com a pressão atmosférica) e um sensor de temperatura (para se verificar se há temperaturas extremas). Em alguns casos coloca-se também um sensor de humidade (p. ex. com humidades altas e com temperaturas negativas há probabilidade de formação de gelo nas pás).

Os dados recolhidos são posteriormente estudados por institutos independentes (p. ex INETI, Megajoule) que juntamente com a altimetria (com auxílio de programas de simulação do terreno em 3D), estudos no local de rugosidade do terreno e software com mapas de ventos (p. ex. Windpro) vão determinar a potencialidade eólica do local.

Se nesta fase também forem analisadas as características dos aerogeradores a colocar, também se poderá determinar a sua posição bem como estimar a sua produção global anual. Posteriormente o fabricante dos aerogeradores irá analisar o layout proposto de forma a poder garantir a produção estimada.

3.2.2 DEFINIÇÃO DA CAPACIDADE ENERGÉTICA A INSTALAR

O espaço disponível e, acima de tudo, o acesso à rede são factores decisivos para determinar quantas turbinas e que valor de potência deverão ter. Portanto, para aproveitar o máximo de capacidade da rede, o projectista terá que determinar a distância ao próximo ponto de alimentação e qual o nível de tensão de conexão à rede.



Figura 12 – Exemplo de um parque eólico com localização alinhada na perpendicular dos ventos dominantes

Para grandes parques eólicos (> 20 Mw), poderá fazer sentido, ou mesmo ser necessário, colocar um transformador dedicado separado da estação produtiva. O número e a potência nominal de saída das turbinas eólicas a serem instalados podem ser determinados a partir do espaço disponível e da respectiva capacidade. Esta estimativa servirá de base para a primeira previsão do rendimento energético.

O rendimento esperado é determinado através da apreciação do regime de ventos, utilizando a frequência da distribuição de velocidade e da direcção do vento para cada sector e do desempenho das turbinas eólicas a colocar. Este cálculo é necessário para definir o melhor arranjo das turbinas dentro do parque eólico, de modo a permitir obter o maior rendimento energético global e de forma a minimizar o efeito inevitável que as turbinas eólicas terão entre si (efeito "sombra de vento"). A Figura 12 mostra de um parque eólico que permite ilustrar este problema (localização alinhada na perpendicular dos ventos dominantes).

3.2.3 DEFINIÇÃO DO LAYOUT DO PARQUE EÓLICO

Evidentemente, o objectivo final para o posicionamento das turbinas eólicas num determinado parque é obter o maior rendimento de toda a energia eólica possível durante a sua vida útil esperada. Por outro lado, as condições e os custos de instalação, tais como a construção de linhas eléctricas entre as turbinas e o transformador e com a interligação a estações ou a abertura de estradas para montagem e manutenção dos aerogeradores também desempenham um papel importante no que se refere à definição do melhor posicionamento das turbinas.

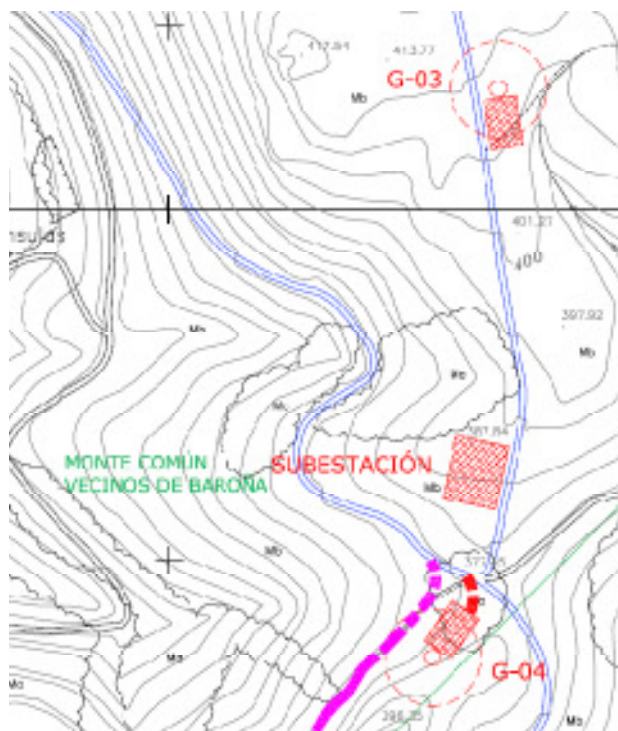


Figura 13 - Layout do parque eólico com a infra-estrutura planeada

Hoje em dia, estão disponíveis um grande número de instrumentos de planeamento tais como programas informáticos, tais como, o WinPro, Windfarmer, que permitem estudar com cuidado o melhor e mais adequado layout de parques eólicos de forma bastante rápida e eficiente.

Restrições adicionais à disposição do parque eólico – tais como distâncias a edifícios e regulamentos de protecção ambiental não são apenas o resultado de considerações técnicas, mas também de leis e regulamentações impostas pelos organismos públicos com jurisdição sobre o tema. As restrições a aplicar terão que ser conhecidas atempadamente a fim de serem providenciadas as respectivas licenças e que se possa assim evitar futuras mudanças sempre muito morosas e dispendiosas.



Figura 14 – Exemplo de Parque Eólico construído em local de difícil acesso

Um estudo cuidadoso de um variado número de factores é necessário para se conseguir o melhor projecto de um parque eólico.

Projectar um parque eólico resulta de um compromisso cuidadoso entre um alto rendimento energético, possibilidade bons acessos, ligação próxima à rede, fácil licenciamento e desde que esteja garantida uma boa rentabilidade económica.

3.3. ANÁLISE DE CONDICIONANTES

Descobrir quem são os donos dos terrenos e assinar contratos de aluguer (ou então ter acordos preliminares) é uma das acções essenciais para garantir a implantação do projecto. Também será necessário descobrir:

- Onde as turbinas podem ficar estabilizadas;
- Por onde o parque poderá ser acessível por estrada/caminhos finais;
- A que distância está o ponto de ligação disponível para inserção na rede eléctrica nacional.

Além disso, o acesso deve ser assegurado a todas as viaturas de serviço, manutenção e reparação durante toda a vida útil dos aerogeradores (cerca de 20 anos).

O solo deve ser estudado para cada turbina eólica, de modo a garantir que o subsolo possa aguentar com as cargas provocadas pelo aerogerador em serviço. A forma e dimensões da fundação são definidas com base nesses estudos. Geralmente, são utilizadas fundações directas sendo as fundações indirectas apenas utilizadas em casos muito especiais de solos muito brandos.

Os acessos existentes dos transportes rodoviários devem ser investigados, bem como o espaço disponível para gruas. Edifícios (alguns dos quais podem ser de valor histórico), passagens hidráulicas, linhas eléctricas, sinalização, linhas de comboio, antenas de radiotelevisão ou força aérea, curvas alinhadas com árvores, massas de água, etc. Podem representar obstáculos para a entrega de grandes componentes, tais como secções de torre e pás (que podem atingir os 50m de comprimento). Além disso, as condições climáticas (ventos fortes, chuvas e tempestades) devem ser tomadas em consideração durante o processo de montagem.

A localização e o tipo (como o nível de tensão) da rede eléctrica de acesso devem ser determinados. Em casos simples, um cabo pode ser usado para conectar o parque eólico à alimentação. Os cabos eléctricos podem também, por vezes, ser conectados directamente na próxima estação transformadora onde a capacidade suficiente está disponível. Normalmente também será necessário ter uma rede de comunicação interna para monitorização. Muitos dos grandes projectos exigem, frequentemente, a sua própria estação transformadora, para que o parque eólico possa alimentar grandes redes de distribuição em alta tensão.

As distâncias e tipos de rotas de cabo utilizadas devem ser escolhidos tendo em conta os aspectos económicos e técnicos mais relevantes. Se os caminhos de cabos são longos, o planeamento pode ser mais difícil e exigir uma avaliação de impacto ambiental específica.

3.3.1 ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL

As leis aplicáveis à construção determinam o que será necessário para que um parque eólico ou um aerogerador possa ser licenciado. Adicionalmente, o impacto ambiental dos aerogeradores terá de ser aferido, para se poder obter o licenciamento.

Deverá ser determinado se o impacto ambiental da construção e manutenção dos aerogeradores é aceitável. Estudos adicionais poderão ser necessários para definir o impacto na flora e na fauna, principalmente em locais com ninhos de aves e/ou rotas de aves migratórias.

As autoridades locais avaliam se existe algum efeito indesejável. Poderá ser necessário fazer um estudo aprofundado dos animais e plantas existentes tais como plantas autóctones, morcegos e pássaros – bem como do impacto visual do parque eólico.

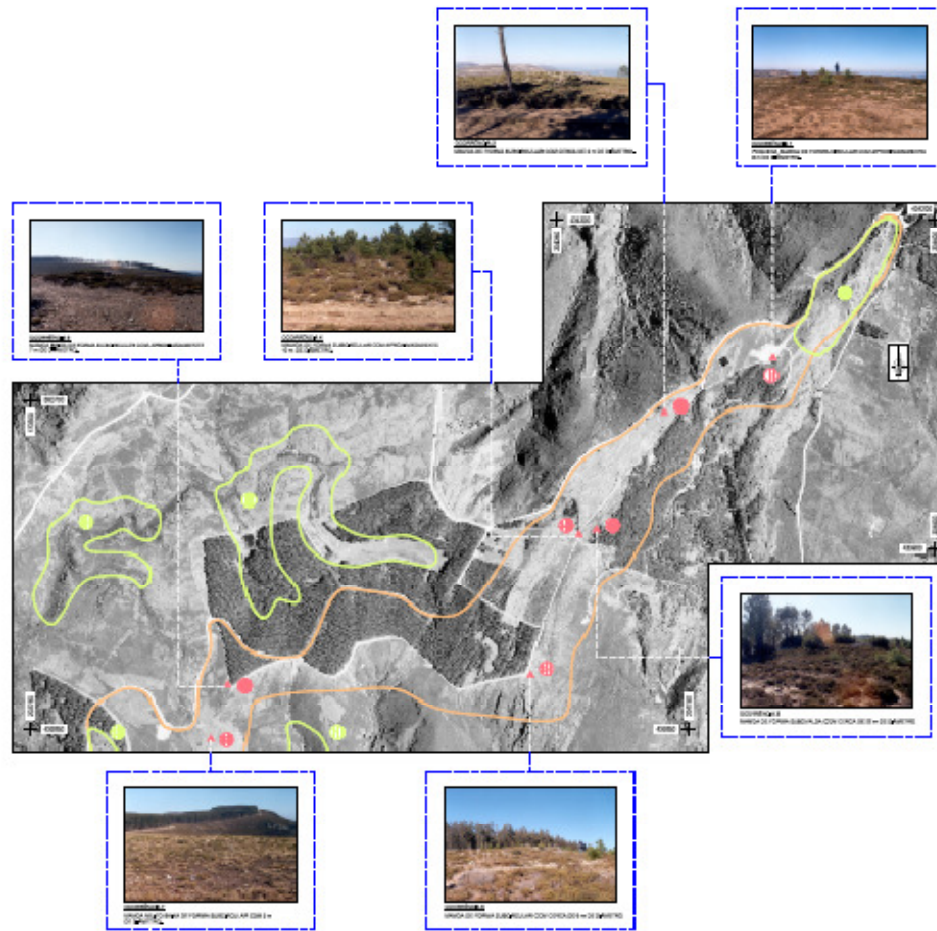


Figura 15 – Layout de parque com as áreas de património a preservar

Os principais estudos que poderão ser efectuados, relativamente ao impacto ambiental dos aerogeradores, incluem:

- Mapa das áreas ocupadas por aves raras;
- Impacte em animais e plantas protegidas;
- Relatório de níveis sonoros;
- Relatório sobre o impacte da sombra;
- Conservação do aspecto natural dos terrenos.

Além disso terão também de ser verificadas e salvaguardadas áreas de interesse patrimonial, tais como vestígios de ocupação humana antiga (romano, paleolítico, etc.). Nos locais protegidos não se pode intervir pelo que estes deverão ser devidamente delimitados e protegidos.

3.3.2 POLUIÇÃO SONORA DOS AEROGERADORES

Existem limites legais para a poluição sonora provocada pelos aerogeradores a diferentes horas do dia em zonas residenciais, industriais ou rurais. A medição do nível sonoro faz parte dos testes gerais de verificação de instalação de um aerogerador para efeitos de aprovação de entrada em serviço. Para cada tipo de turbina é determinado o nível sonoro, frequência e ritmos de baixa frequência. Algumas pessoas acham estes sons provocados pela caixa de velocidades, gerador ou inversor incomodativos. A poluição sonora do parque eólico pode ser estimada através de medições feitas ao modelo de turbina a utilizar.

O nível sonoro de um aerogerador não é constante e varia com a produção e a velocidade de vento. Geralmente o ruído aumenta gradualmente um decibel por metro/segundo de velocidade do vento. De qualquer forma, o ruído das árvores e arbustos também aumenta da mesma forma e muitas vezes provocam mais ruído que os aerogeradores. O ruído provocado pelas turbinas é superior em direcções específicas, e isso é tido em conta nas medições feitas por institutos independentes e nos programas automáticos de cálculo aplicáveis ao projecto de parques eólicos.

Durante o planeamento, são criados mapas de curvas isófonas que indicam um específico nível sonoro para o parque. O nível de ruído global de todas as turbinas é o produto da sobreposição espacial dos vários níveis produzidos por cada turbina. As áreas com níveis de ruído superiores podem ser identificadas, sendo tomadas medidas para reduzir esses níveis, através da realocação dos aerogeradores ou da alteração dos aerogeradores utilizados, de forma a conseguir cumprir com os requisitos legais aplicáveis.

Se os habitantes locais duvidarem dos níveis sonoros previstos, poderá ser requerida uma medição por entidade independente no local. Se forem impostas condições, tais como a redução sonora durante a noite, poderá ser reduzida a velocidade das pás durante este período, mas esta acção reduzirá consideravelmente a produção anual o que exige que seja feito um estudo prudente dos níveis sonoros e considerar generosas distâncias de segurança aos locais habitados.

3.3.3 EFEITO DE SOMBRA

Um aspecto que também poderá afectar o licenciamento é o efeito de luz intermitente das pás a passar à frente da luz do sol. Este item deverá ser investigado para a situação mais desfavorável, ou seja, considerando céu limpo com sol e sem nuvens. O cálculo é baseado na órbita local, através das estações, na altura do nariz (hub) e considerando o diâmetro das pás.

Em casos especiais de leis muito proibitivas em relação a este efeito, poderá ser colocado um sensor especial que desliga o aerogerador quando, para determinadas horas do dia as pás se encontram activas por efeito do vento.

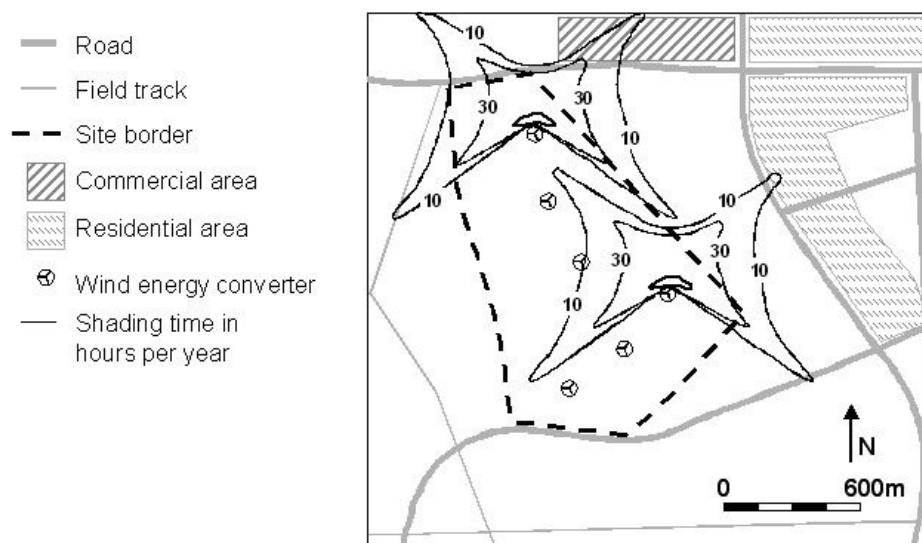


Figura 16 - Planeamento de parque eólico com as curvas indicativas de sombra em horas por ano⁶.

⁶ Foto retirada do site www.world-wind-energy.info da WWEA (World Wind Association)

4

GESTÃO DE PROJECTOS DE PARQUES EÓLICOS – SÍNTESE DAS PRINCIPAIS QUESTÕES

4.1. INTRODUÇÃO

Como já foi dito, a Gestão de Projectos de Parques Eólicos é um caso particular de obra em que a figura do empreiteiro Geral não é usualmente assumida pelo empreiteiro civil e/ou eléctrico mas sim pelo fabricante dos aerogeradores, que nomeia o Gestor de Projecto, assume a montagem e fornecimento dos aerogeradores e subcontrata as especialidades civis e eléctricas.

A Gestão de Projectos de Parques Eólicos divide-se em duas fases. Na primeira é uma obra de construção civil e de instalações eléctricas com a construção do Edifícios de Comando e de Subestação, fundações de aerogeradores, valas de cabos e acessos e plataformas. Esta fase é semelhante a outras obras mais tradicionais, tendo provavelmente como principais diferenças as sapatas de grandes dimensões (na parte de construção civil) e as estruturas de média tensão (na parte eléctrica).

Na segunda fase, a montagem e colocação em funcionamento dos aerogeradores, é a fase crítica da obra em que qualquer derrapagem nos prazos pode representar grandes prejuízos, em que um bom planeamento e conhecimentos de gestão, mecânicos, eléctricos e experiência no sector são necessários.

Neste capítulo iremos abordar todos os aspectos referentes à Gestão de Projecto, desde a elaboração do planeamento de custos, preparação do fabrico e montagem dos aerogeradores, planeamento e execução da obra e posterior utilização durante o tempo de vida do Parque.

4.2 ORÇAMENTO TIPO

4.2.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Um orçamento tipo é constituído por 3 partes: Construção Civil, Aerogeradores e Instalações Eléctricas.

O valor destes 3 itens varia bastante, mas, como valores de referência, podemos considerar para 10 aerogeradores de cerca de 2Mw os seguintes valores (IVA excluído; preços de 2008):

Aerogeradores – 20 milhões de euros;

Construção Civil – 3 milhões de euros;

Instalações eléctricas – 2 milhões de euros;

Assim, a construção de um parque eólico de 10x2Mw, juntando os valores da ligação à rede nacional e os custos de licenciamento, o projecto e fiscalização (cerca de 2 milhões) anda por volta dos 27 milhões de euros+IVA. Claro que o investimento compensa! O lucro em geral obtido ao fim da vida útil do parque (20 anos) será pelo menos de 40 milhões de euros (já descontados os custos com o pagamento de aluguer dos terrenos e manutenção do parque).

4.2.2 AEROGERADORES

Deverá conter o custo do aerogerador completo (gerador, torre, nariz, cabine, pás, elevador, equipamento de segurança) e também o valor dos seguintes equipamentos adicionais:

- Equipamento eléctrico (quadros eléctricos de potência, protecções, comando, controlo e automação do aerogerador, etc.);
- Posto de transformação para ligação à Subestação, com transformador e celas metálicas de seccionamento e protecção;
- Cabos eléctricos de potência em BT e MT, no interior da torre e cabine do aerogerador;
- Cabos eléctricos de comando e sinalização no interior do aerogerador;
- Infra-estruturas eléctricas de segurança e de alimentação, incluindo os serviços auxiliares, rede de terras, protecção contra descargas atmosféricas, sistemas de detecção e extinção de incêndios e de detecção de intrusão;
- Sistema de transmissão de dados e comunicação entre cada uma das torres dos aerogeradores e o edifício de comando;
- Iluminação e tomadas das torres e cabine;
- Sinalização de aviso à navegação aérea nas torres, com a localização e as suas características;

O orçamento deverá ainda conter valores para:

- Peças e equipamentos de reserva, considerados essenciais para o período de vida útil (20 anos) dos aerogeradores, a propor pelo fabricante;
- Montagem e ensaios finais de colocação em serviço de todos os equipamentos e acessórios necessários ao bom funcionamento dos aerogeradores.

Em geral será importante negociar, á partida, os custos com a mão-de-obra, peças e outros custos esperados como a operação, limpeza e manutenção preventiva dos aerogeradores.

Normalmente nos custos também deverá ser incluído o valor das torres meteorológicas (torre treliçada, cata-vento, 2 anemómetros, sensor de pressão atmosférica, sensor de temperatura e o painel de controlo dos dados).



Figura 17 – Aerogerador

4.2.3 CONSTRUÇÃO CIVIL

Os trabalhos de construção civil consistem na construção do Edifício de Comando e Subestação, Fundações, Plataformas de montagem, Acessos e Valas para cabos.

Alem disso, deverão também incluir todos os trabalhos de desmatção e limpeza da zona de implantação das obras e do estaleiro.

No final deverá estar prevista a recuperação paisagística do local, de acordo com o E.I.A (estudo de impacto ambiental). Nas plataformas só deverá ficar uma zona de tout-venant à volta dos aerogeradores com cerca de 5m de largura, para acesso e manobra dos veículos de manutenção. A Recuperação paisagística das áreas intervencionadas deverá ser feita com recurso a terras vegetais provenientes da decapagem e, se necessário, incluindo também o fornecimento e colocação de hidrossementeira.

Fundações

O item fundações deverá conter os seguintes elementos:

- Execução das sondagens necessárias à caracterização da natureza dos solos, para fundação das torres;

- Escavação para execução de fundações, em terrenos ou rocha de qualquer natureza, com remoção, entivação, drenagem e todos os trabalhos complementares;
- Betão B15 aplicado, em camada de regularização e limpeza, compactada, com 10 cm;
- Betão B35 aplicado nas fundações das torres, incluindo cofragem e descofragem;
- Varão de aço A500NR aplicado em armaduras das fundações das torres;
- Anéis, chumbadouros e outros elementos necessários à fixação das torres às fundações;
- Tubagens para drenagem das fundações e tubagens para cabos eléctricos;
- Aplicação de isolante para cura e selagem do betão das fundações;
- Fecho superior dos maciços de fundação, por camadas devidamente compactadas, com produtos da escavação;

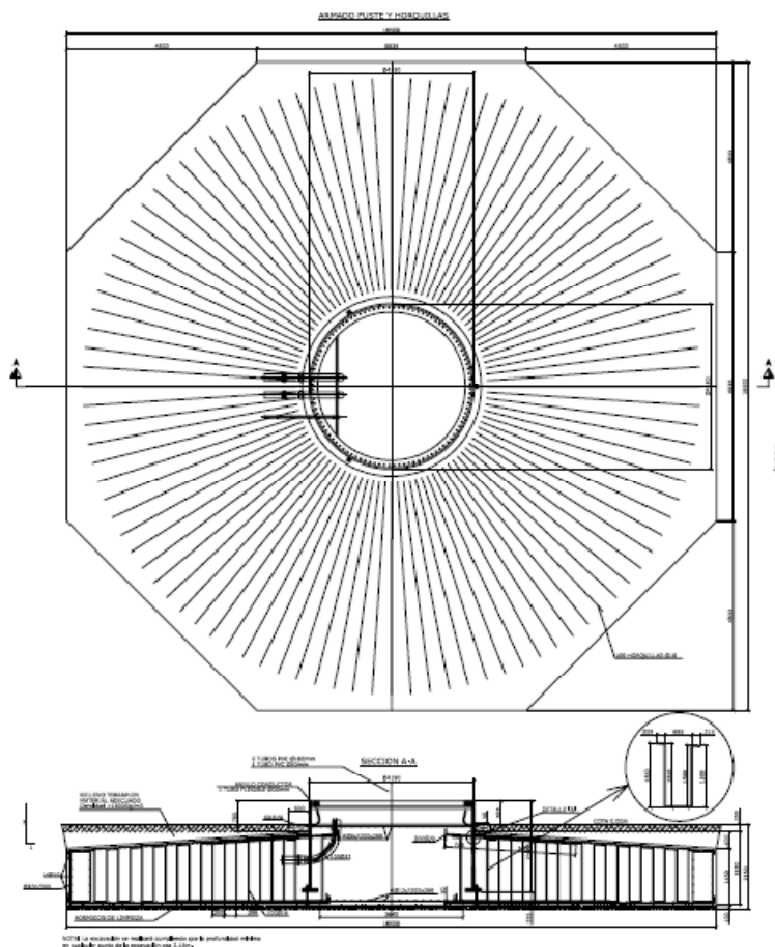


Figura 18 – Sapata hexagonal de um aerogerador 2 a 3 Mw

Deverá ainda conter preço para a execução dos maciços das torres meteorológicas.

Acessos e plataformas

Os trabalhos a efectuar nos acessos e nas plataformas de montagem são os seguintes:

- Desmatção e remoção da camada superficial até à profundidade de 20 cm, das áreas a intervencionar, incluindo carga, transporte e descarga a depósito;
- Escavações e aterros necessários à criação da infra-estrutura viária requerida;
- Construção de aquedutos sob os arruamentos para drenagem das águas pluviais, incluindo caixas de recolha e bocas de saída;
- Compactação a 95% do ensaio de Proctor modificado, no fundo da caixa, incluindo valetas;
- Camadas de sub-base e base em agregado britado de granulometria extensa com um total de 25 cm de espessura, incluindo valetas quando aplicável;
- Ensaibramento com rega e compactação da camada final a 98% do ensaio de Proctor;
- Execução de valeta em betão, onde aplicável e caso o EIA (estudo de impacto ambiental) o permita.

Deverá ainda incluir a colocação de reflectores num dos lados da via, regra geral de 50 em 50m, com reforço do espaçamento em curvas, cruzamentos e outros pontos notáveis.

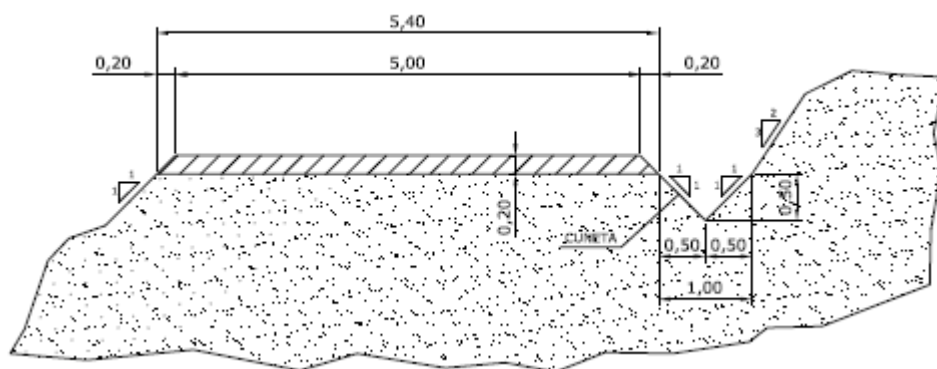


Figura 19 – Perfil transversal tipo da via de acesso

Os acessos terão que ter como pendente máxima cerca de 5% para que os transportes com cargas de 90 toneladas (Cabine) consigam ter tracção em acessos em tout-venant. Os acessos também terão de ter como raio de curvatura mínimo 50m para se conseguir fazer o transporte das pás (cerca de 45m de comprimento).

As plataformas terão que ter dimensões suficientes que permitam a montagem do equipamento. As suas dimensões variam muito conforme o tipo de aerogerador, os tipos de grua (grua principal de pneus ou

rastos, 1 ou 2 gruas auxiliares) e o método de montagem utilizado com colocação do equipamento no chão, ou ser directamente levantado do camião para a torre, mas podemos dar como dimensões de referência uma área com 50 m de comprimento por 30 m de largura.

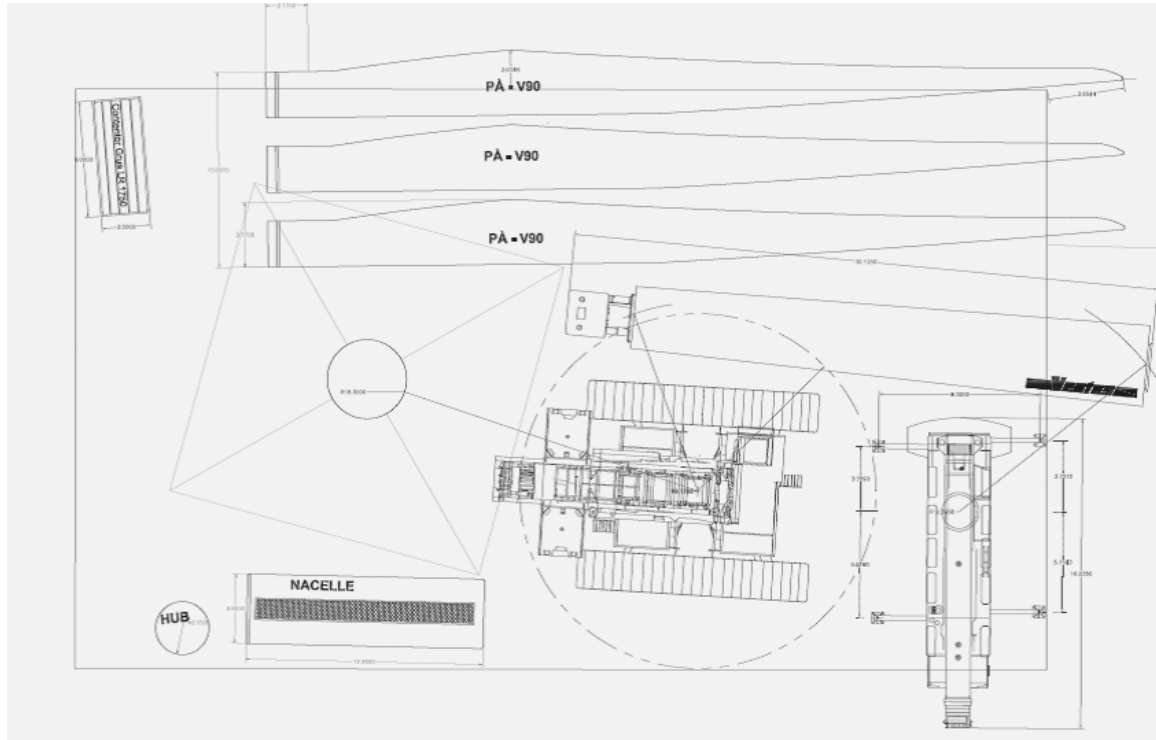


Figura 20 – Plataforma tipo de montagem

Valas

Na construção de valas devem ser considerados os seguintes trabalhos:

- Abertura e fecho de valas para cabos eléctricos, incluindo tubagens, lajetas, caixas de visita e marcos de sinalização;
- Abertura de vala com um mínimo de 0,80 m de profundidade, largura mínima de 0,4 m e restantes profundidades e larguras conforme perfis dos Desenhos de Projecto;
- Aterro de valas, na camada de fundo, com a espessura de 0,20 m de areia;
- Camada de fundo em betão, para envolvimento dos tubos em travessias, com a espessura de 30 cm;
- Aterro de valas com a altura de 0,40 m, a 0,45 m, com terra cirandada da escavação;
- Execução da camada de fecho e regularização com material sobranço da escavação;

- Fornecimento e aplicação de lajetas de betão ou equivalente;
- Fornecimento e instalação da rede plástica avisadora vermelha;
- Fornecimento e instalação de tubo PVC, DN75 a DN200, em travessias;
- Instalação de marcos de sinalização, de 30 em 30 m e nas mudanças de direcção;
- Execução de caixas de visita, com anéis e cúpula em betão, incluindo tampas metálicas.

No caso de travessias em estradas asfaltadas e estradas nacionais, deverá optar-se por furação direccionada por trado, não havendo neste caso corte de estrada, nem remendos no asfalto.

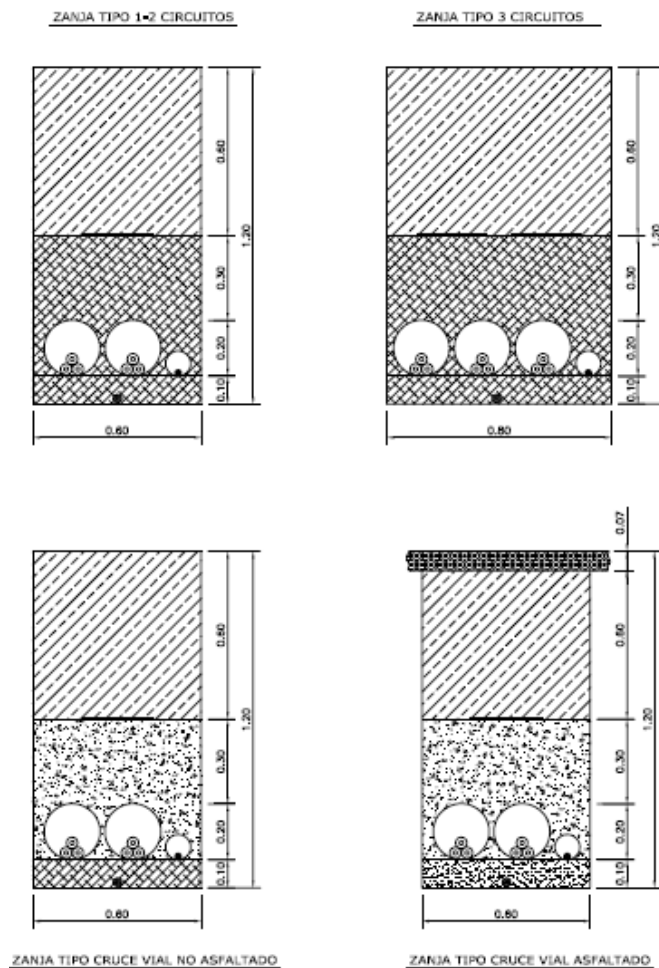


Figura 21 – Valas tipo para passagem de cabos de MT

Subestação e Edifício de Comando

O Edifício da subestação e o Edifício de Comando estão juntos no mesmo local e os trabalhos de construção civil são basicamente os mesmos da construção de uma moradia, tendo como excepção a construção de um ecoponto no exterior, os maciços e os chumbadouros do equipamento eléctrico, fossas para recolha de derrames de óleo dos transformadores e as caleiras para passagem dos cabos.



Figura 22 – Construção de um Edifício de Comando

O orçamento dos Edifícios de Comando e da Subestação deverá conter os seguintes elementos:

- Escavação para execução de fundações, em terrenos ou rocha de qualquer natureza, incluindo remoção, entivação, drenagem e todos os trabalhos complementares;
- Aterro envolvente ao Edifício e de fundações devidamente compactado por camadas;
- Camada de pedra partida sobreposta de brita grossa compactada, sobre o espaço não ocupado pelos lintéis de fundação;
- Betão C12/15 aplicado em camada de regularização e limpeza com 0,05m, compactado, no fundo dos lintéis de fundação;
- Massame de betão, aplicado na laje do piso térreo e nas caleiras para cabos;
- Betão C20/25 e Aço A500NR aplicado em sapatas, lintéis de fundação, pilares, vigas, muros e laje de cobertura, incluindo cofragem e descofragem;

- Betonilha de regularização no pavimento;
- Malha electro-soldada tipo malha-sol CQ30 da laje do piso térreo;
- Alvenaria em paredes duplas exteriores;
- Alvenaria de tijolo em paredes simples interiores;
- Emboço e reboco em paredes interiores e face inferior da laje de esteira ao traço 1:1:8 e em paredes exteriores ao traço 1:4;
- Laje de esteira em betão armado;
- Impermeabilização da laje de cobertura, constituída por betonilha de desempenho, duas telas cruzadas e roofmate;
- Cobertura em telha plana;
- Fornecimento e aplicação de caleiras e tubos de queda em alumínio termo lacado, conforme desenhos de pormenor;
- Fornecimento e assentamento de portas exteriores em ferro com chapa metálica lisa em aço, com fechaduras de alta segurança e trancas interiores, pintadas a tinta de esmalte e aplicação prévia de primário;
- Fornecimento e assentamento de Portas interiores em alumínio termo lacado;
- Aros e tampas metálicas para cobertura das caleiras para cabos;
- Pintura em superfícies exteriores rebocadas;
- Mosaico cerâmico nas paredes das instalações sanitárias;
- Mosaico cerâmico no pavimento das instalações sanitárias;
- Passeios exteriores e muros circundantes ao edifício e no pavimento do Ecoponto, em lajetas de betão;
- Fornecimento, aplicação e compactação de tout-venant no parque de estacionamento;
- Caixas de visita, em betão armado, incluindo escavação, remoção, cofragem, dreno, aro metálico e tampa;
- Instalações sanitárias incluindo canalizações de águas e esgoto doméstico, acessórios, torneiras e loiças sanitárias e fossa estanque;
- Depósito de água exterior, abastecido a partir do sistema de captação de águas pluviais, incluindo electrobomba, equipamento de pressurização, tubagens e restantes acessórios;
- Carris para os caminhos de rolamento dos dois transformadores até ao exterior das vedações;
- Execução das fossas dos transformadores, das caleiras para cabos e das sapatas para fixação dos apoios dos equipamentos eléctricos de média/alta tensão;
- Vedação exterior, constituída por rede metálica, incluindo prumos, contra-ventamentos, lintéis e muretes de suporte, conforme Projecto de Arquitectura

- Fossa para recolha de óleos do Transformador e bacia de retenção para recipientes com óleo;
- Fornecimento e assentamento de placa com o mapa geral do parque eólico;
- Compartimento exterior para armazenamento de bidões e Ecoponto, com portas e cobertura metálica amovível, conforme Projecto de Arquitectura;
- Fornecimento e aplicação de prateleiras, a colocar no armazém do “service”.

4.2.4 EQUIPAMENTO ELÉCTRICO

Neste orçamento deverá estar incluída a montagem e fornecimento do transformador, todo o equipamento a aplicar na subestação, todo o equipamento de controlo a instalar no Edifício de Comando e os cabos de média tensão entre os Aerogeradores e a Subestação.

Sendo assim, o orçamento deverá conter os seguintes elementos:

- Transformador principal, regulação em carga, com resistência limitadora no neutro e pára-raios, nas 3 fases.
- Transformador de Serviços Auxiliares (TSA), tipo seco em cela metálica;
- Baterias de condensadores, em celas metálicas;
- Monoblocos para medida e protecção, para ligação aos AG's (aerogeradores), aos TP's (transformadores de potência), ao TSA e às baterias de condensadores;
- Subestação, exterior, constituída por painéis equipados com disjuntores, seccionadores, pára-raios, pórtico de amarração e barramento tubular;
- Cabos eléctricos de potência, monopolares, em vala ou tubo, entre os AG's e as celas e destas aos TP's, com as respectivas caixas de cabo;
- Cabos eléctricos de comando, controlo, medida e sinalização do edifício de comando e subestação;
- Cabos de comunicação de dados em fibra óptica (ou TE1HEAV) em vala ou tubo, entre os aerogeradores e o edifício de comando;
- Rede geral de terras do Parque, tipo terra única, com o traçado conforme projecto;
- Bateria e carregadores adequados à alimentação dos Serviços de controlo do edifício de comando e subestação;
- Fonte de alimentação ininterrupta (UPS) 220V/220V, para o sistema de automação do Parque;
- Quadro de serviços auxiliares de corrente alternada e de corrente contínua para alimentação dos Serviços auxiliares;
- Quadro de comando, controlo e automação do Parque;
- Quadro com as protecções da interligação à rede, dos TP's e das chegadas às celas;

- Sistema de contagem, em quadro mural, a instalar na S/E (subestação) da REN, com contador de energia activa e reactiva, processador multi-tarifas e módulo de comunicação para tele-contagem, conforme o Guia de Tele-contagem da EDP/REN;
- Sistema de automação e supervisão do Parque, incluindo PLC (painel local de controlo), SCADA (sistema de comunicação de dados) do Dono da Obra e SCADA do Empreiteiro, com os programas de exploração automática, tratamento de dados e sinalizações;
- Posto de operador com o respectivo computador e programas de acesso aos SCADA, monitor e impressora de registo de dados, completo com mesa de apoio, cadeira e armário de arquivo;
- Iluminação (normal e de emergência) e tomadas do Edifício de comando e Subestação;
- Detecção e extinção de incêndios do Edifício de comando e da Subestação;
- Detecção de intrusão do Edifício de comando;
- Instalação telefónica, com duas linhas (rede fixa ou via GSM), para comunicação telefónica e supervisão à distância do Parque;
- Gerador de emergência, a diesel, para alimentação de recurso dos serviços auxiliares, conforme Memória Geral;
- Equipamentos de segurança, como sejam: varas de manobra, luvas e tapetes isolantes, ou quaisquer outros previstos na legislação e regulamentação aplicáveis;
- Analisador de qualidade de energia;
- Módulo I/O;
- Transformador de Potência;
- Disjuntores / Seccionadores;
- Sistemas de Alimentação;
- Rede interna MT (media tensão);
- Cabos de comunicação de dados em fibra óptica em vala ou tubo, entre os Aerogeradores e o Edifício de comando;
- Rede Terras SE e Edif. Comando Rede Terras e Ramais Rede Terras Turbinas;
- Cabos de ligação às Torre Meteorológicas (alimentação, comunicação e de terra);
- Peças e equipamentos de reserva, considerados essenciais para o período de vida útil do Parque.

Deverá estar também incluído neste orçamento com a montagem e os ensaios finais de colocação em serviço, seguros de transporte e de montagem, transporte até ao local da obra dos Itens anteriores, bem como o fornecimento e montagem de todos os equipamentos e acessórios necessários ao bom funcionamento das Instalações.

Analogamente será necessário definir com rigor a responsabilidade com a manutenção das Instalações Eléctricas e eventualmente aferir os respectivos custos de mão-de-obra e peças necessárias à manutenção permanente das instalações, em boas condições de funcionamento.



Figura 23 – Construção da Subestação

4.3. PREPARAÇÃO DO FABRICO E MONTAGEM

4.3.1 INTRODUÇÃO

Não faz sentido falar de produção, sem se falar de qualidade. Toda a preparação, fabrico e montagem de um Aerogerador se deve basear nesta premissa. Cada módulo individual a ser transportado pode pesar até 90 toneladas. Cada aerogerador consiste em mais de 8.000 componentes individuais de diferentes dimensões, alturas e funções tudo representando um grande desafio técnico e logístico.

Neste capítulo iremos ver como a qualidade é assegurada pelos fabricantes.

4.3.2 QUALIDADE

Sem a procura constante da qualidade do produto, as falhas sistemáticas rapidamente se tornam em graves problemas. Além disso, a qualidade tem de ser a imagem de marca que tem de ser perceptível para o cliente (validade por exemplo por um certificado ISO 9001). Num mercado cada vez mais competitivo, a qualidade é uma questão essencial com vista à sobrevivência no mercado.

Como os aerogeradores são um produto de tecnologia de ponta, em que a “guerra do Megawatt” está sempre ao rubro, alguns fabricantes têm a tentação de lançar novos produtos que, apesar de terem sido testados nas suas instalações próprias, ainda não tiveram tempo de ser avaliados em termos de qualidade

em todos os processos e considerando todos os fornecimentos de componentes elementares. Esta forma de lançar rapidamente um novo produto (geralmente com potência superior à concorrência) sem testar cuidadosamente o produto, pode ter custos significativos para o investidor.



Figura 24 – Montagem de um diferencial

Uma maneira de implementar a qualidade numa empresa fabricante de aerogeradores (ou noutras) é criar 2 departamentos, que apesar de interligados, têm funções próprias. Um é o de Gestão de Qualidade (G.Q.) e o outro é o de Controlo de Qualidade (C.Q.). De uma forma resumida, o G.Q. define os processos e os objectivos incluindo a definição das variáveis de avaliação e o C.Q. tem a tarefa de avaliar e verificar se os processos estão a ser usados e antes fazer a sua implementação. O C.Q tem de ter pessoas na produção de pás, na montagem das cabines, na instalação dos aerogeradores e nos departamentos de manutenção.

O Departamento de qualidade deverá ajudar os colegas e fornecedores a criar processos que tornem possível a “garantia da qualidade”. Numa primeira fase, há que acompanhar o desenvolvimento das unidades de operação e apoiar na criação de relatórios de descrição das tarefas que são bem executadas. Estes relatórios têm a função de servir de guia e objectivo aos trabalhadores, serem testados na prática, para se averiguar a sua aplicabilidade e servirem de integração rápida aos novos trabalhadores.

Para haver “garantia da qualidade”, os materiais utilizados também têm de ser os correctos. Por isso divergências na sua fiabilidade ou erros repetidos têm de ser tidos em especial atenção. Um método que se pode utilizar é o 8D, que não é mais que uma sequência de passos a cumprir assim que um problema é detectado. Este método, baseado na colaboração interdepartamental, permite resolver problemas recorrentes de causa desconhecida, que individualmente seriam de difícil resolução. No final há que obviamente aplicar as medidas correctivas necessárias.

A atenção aos problemas da qualidade tem de ser assumida por todos. De uma forma simples, evitar erros é mais barato que resolvê-los.

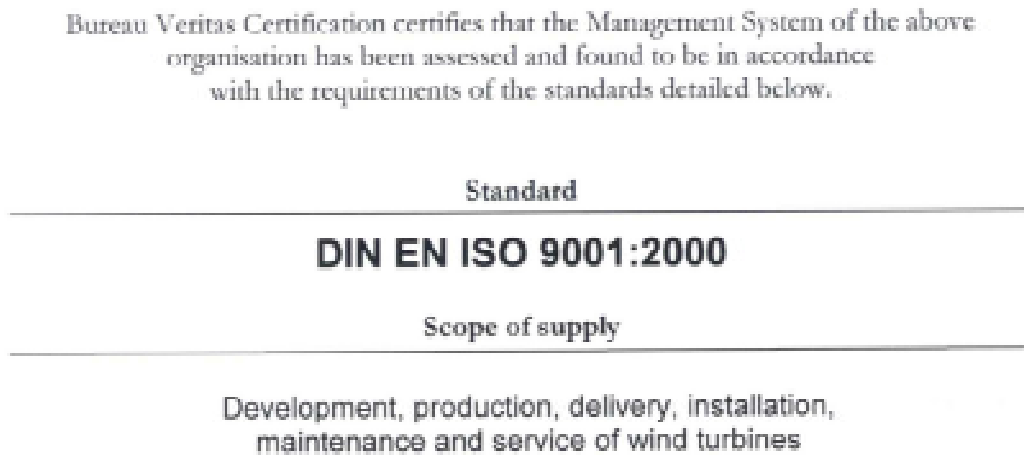


Figura 25 – Certificado de qualidade de um fabricante de aerogeradores

4.3.3. PRODUÇÃO

Os equipamentos de controlo, as pás e as cabines usados em Portugal são em geral produzidos em países da Europa com elevado desenvolvimento tecnológico (caso da Alemanha e Dinamarca por exemplo). As torres normalmente são fabricadas por empresas externas de metalomecânica, com é o caso das portuguesas Martifer e Tegopi.

Transformação e controlo

Nesta unidade de produção é feito o *hardware* para a distribuição da energia e o controlo do aerogerador. Nesta unidade é assegurado o funcionamento interno do aerogerador e os componentes utilizados são normalmente produzidos pelo mesmo fabricante do aerogerador, pois aqui é que está grande parte do negócio essencial (*core business*) da empresa.

Em termos concretos, são fabricados, montados e testados 3 componentes principais:

- O transformador, que está localizado na base da cabine, dependendo do fabricante, pesando cerca de 3t (normalmente tem associado o sistema de controlo de comunicações);
- O conversor de frequências para adaptação à rede;
- O controlador de alta-tensão.

Alem disso também são produzidos os sistemas de controlo da cabine, responsáveis pelo controlo e alinhamento do parque eólico (também conhecido por *pitch control*).

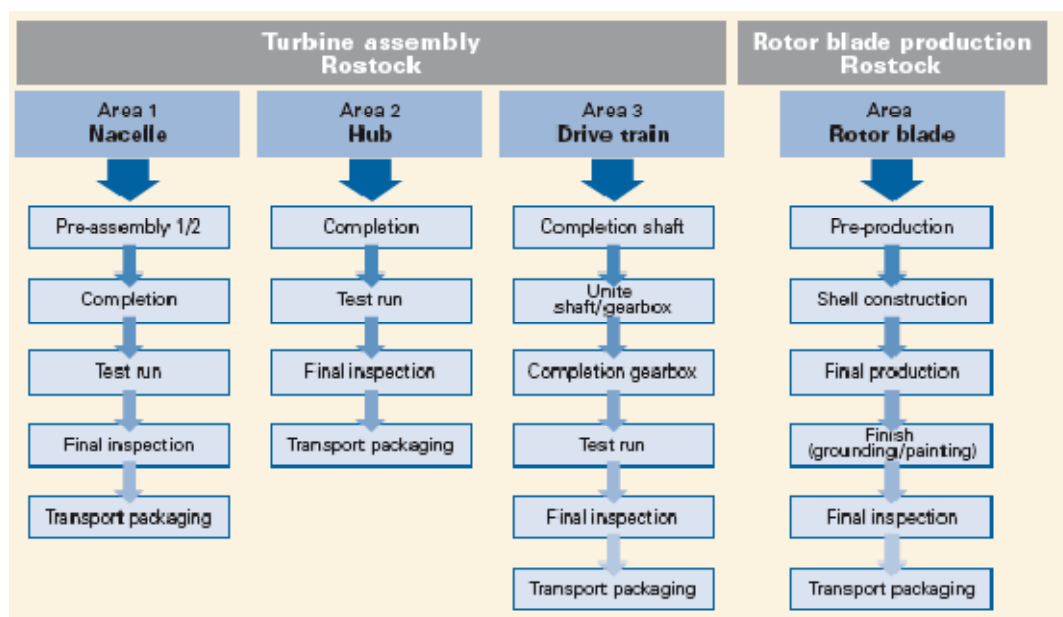


Figura 26 – Exemplo de um esquema de Montagem de cabines e de fabrico de pás

A produção normalmente é *just in time* começando apenas algumas semanas antes da data de entrega. A produção tem que garantir que não será necessário fazer mais trabalhos nestes componentes no local de montagem do aerogerador, já que seriam muito dispendiosos - o lema tem de ser “plug and play”.

A produção nos últimos anos tem aumentado na generalidade dos fabricantes, através do aumento da capacidade, redução dos tempos de produção e entregando a empresas exteriores trabalhos que não fazem parte do negócio essencial do fabricante (*core expertise*) que assume com maior rigor e responsabilidade a investigação e desenvolvimento de novos produtos e a produção de novos modelos cada vez mais funcionais.

Geralmente os painéis de controlo são feitos em linha de montagem, sendo primeiro montados e ligados os circuitos eléctricos. Depois são testados todos os componentes e levados para reparar os componentes defeituosos. Aqui o desafio constante também se coloca na gradual poupança de espaço, através do posicionamento e utilização de novos componentes podendo assim ajudar a minorar o problema de falta de espaço dentro do aerogerador.

Normalmente os quadros de transformação e controlo começam a ser produzidos 4 a 8 semanas antes do começo da montagem das cabines.



Figura 27 – Fabrico de um painel de controlo

Fabrico de pás

Apesar do fabrico de uma pá ser bastante standardizado, pouco é feito de forma automática. A qualidade de uma pá depende essencialmente das pessoas que a fabricam. Por isso os fabricantes têm de ter processos de controlo apertados, pois uma falha não detectada pode ter consequências desastrosas (por exemplo: uma ponta de pá defeituosa pode ser projectada de um aerogerador em movimento até 600m de distância e causar acidentes muito graves na vizinhança).

As pás que podem chegar aos 49m de comprimento e pesar 12 toneladas, começam por ser folhas de fibra de vidro que, depois de cortadas, são colocadas em moldes. Dependendo dos componentes e da sua geometria, uma pá poderá levar até 50 camadas de fibra de vidro sobrepostas. Depois, o molde é sujeito a vácuo de forma a injectar a resina epoxídica na fibra. Este processo chamado infusão por vácuo, melhorou em muito a qualidade das pás conseguindo a eliminação das outrora frequentes “bolhas de ar”.

Calor e pressão são utilizados para o processo de endurecimento do molde, no momento de dar à pá a sua forma aerodinâmica. Todos os equipamentos de suporte e outros componentes internos tais como o “esqueleto” interno, junta de união, sensores e dispositivos pára-raios são nesta fase colocados nas pás.

Após a inspecção de todos os componentes, a parte de baixo e de cima da pá são coladas uma à outra e, depois de seca, a pá é retirada do molde, alisada, pintada e balanceada. Após a pá ser testada, é constituído um grupo de 3 pás com pesos iguais. Cada conjunto de 3 pás aerodinamicamente compatíveis terá de ser montado no mesmo aerogerador.



Figura 28 – Fabrico de um painel de uma pá

Montagem de cabines

Os fabricantes de aerogeradores não produzem a maior parte dos componentes utilizados na cabine, optando por comprá-los a fornecedores certificados e concentrando-se na montagem. Devido ao grande número de componentes utilizados, um bom planeamento logístico e de coordenação desta operação é de grande importância.

Uma cabine divide-se em rotor, cabine e diferencial. Na produção do rotor são montados os rolamentos de viragem das pás (pitch), baterias e o painel de controlo do sistema de pitch. O rotor depois é sujeito a um teste de funcionamento (*test-run*).

Na produção da cabine propriamente dita, começa-se por montar a estrutura do chão, travão de disco, anel de ligação à torre, azimuth com direcção automática do vento e painel de controlo. Na montagem final coloca-se o gerador, bem como os geradores auxiliares, sistemas de refrigeração (ar forçado, ar condicionado, água e óleo) seguidos do revestimento da cabine com painéis de fibra de vidro.

Na produção do diferencial, os componentes principais são a caixa de velocidades (alguns aerogeradores não têm) e o veio de transmissão com os seus rolamentos. Também são montados bastantes componentes pequenos, isto é, feitos em vários passos que terminam com um teste de funcionamento (*test-run*).



Figura 29 – Montagem de cabines

4.4. PLANEAMENTO DA EXECUÇÃO

O planeamento da execução é a tarefa mais importante na execução de um parque eólico, pois envolve muitas entidades, prazos curtos e bastantes prejuízos nos atrasos (uma grua principal para montagem dos aerogeradores chega a custar cerca de 5.000 euros por dia).

Para executar um bom planeamento há que se identificar o caminho crítico e identificar as datas chave do projecto. Neste trabalho, as tarefas serão abordadas de maneira resumida, já que serão analisadas em maior pormenor no capítulo seguinte, Execução da Obra.

O começo do projecto é obviamente a data de assinatura do contrato com o promotor. A primeira tarefa consiste no Planeamento, preparação e subcontratação, concretizando-se pela rectificação dos projectos de licenciamento para os projectos de execução dos acessos, valas de cabo e fundações, subestação e edifício

de comando, bem como a altura de execução de contractos com as empresas de construção civil, parte eléctrica, de gruas, transportes, equipas de montagem e de fornecimento de equipamento. Esta tarefa poderá demorar cerca de 3 meses para 10 AG's (aerogeradores) de 2Mw cada.

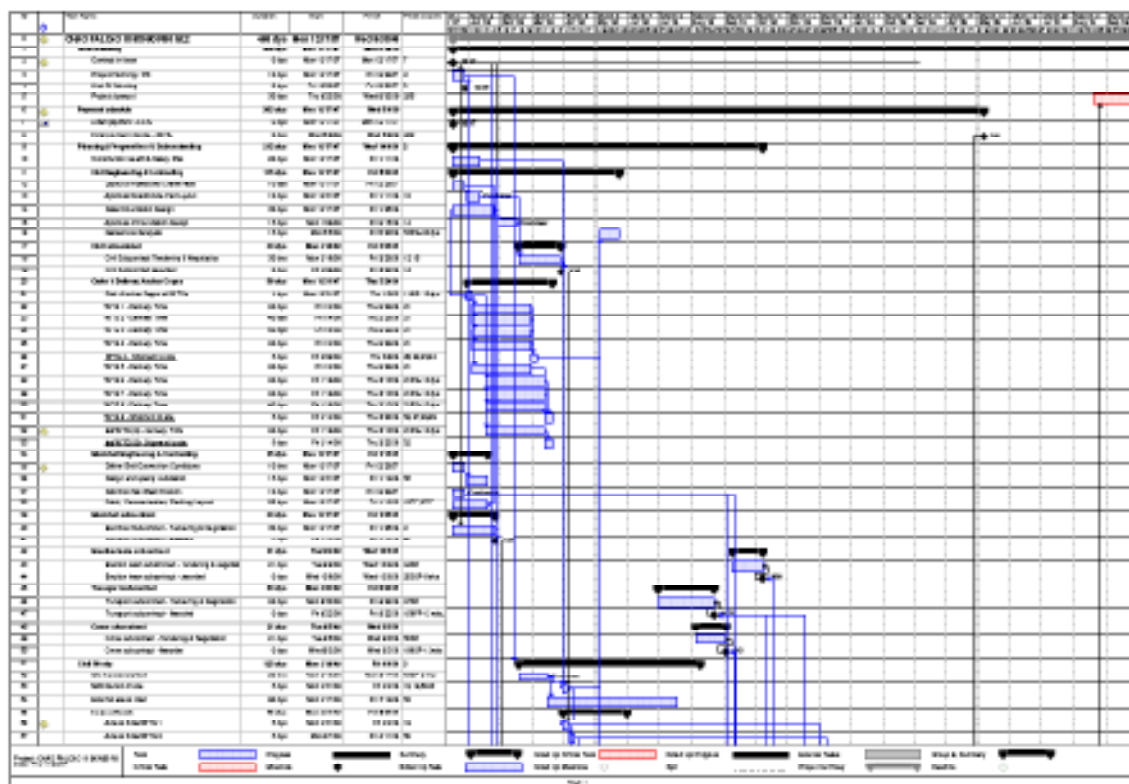


Figura 30 – Exemplo de um planeamento de um parque eólico em Diagrama de Gantt

A tarefa seguinte é a construção civil que pode demorar cerca de 4 meses (referência: 10 AG's) na execução de acessos, abertura de valas para cabos, escavação e betonagem de sapatas e construção do edifício de Comando e Subestação. Deverá estar previsto nesta tarefa a entrega dos anéis de fundação para cada sapata, imediatamente depois da sua escavação e antes da execução da armadura de fundação.

Durante e após a construção civil decorre a parte eléctrica de colocação de cabos de MT (media tensão) em vala e colocação do equipamento eléctrico na Subestação e Edifício de Comando, portanto esta tarefa terá de estar em coordenação com a anterior. Nesta fase teremos de garantir a entrega do transformador principal que normalmente tem prazos grandes de espera. Esta tarefa tem a duração de cerca de 4 meses.

A fase seguinte é a montagem dos aerogeradores (AG's). Nesta tarefa, é reavaliada, normalmente, a rentabilidade (ou prejuízo) do projecto que apenas será conseguido com a entrega do equipamento no momento da montagem, ou seja, *just in time*. De forma a garantir a não paragem da obra, há que afinar e coordenar a entrega dos equipamentos (torres, cabines, pás e transformadores) com as gruas e as equipas de montagem. Normalmente consegue-se montar 2 aerogeradores por semana.

A conclusão dos trabalhos de construção civil e eléctricos bem como a conclusão das montagens dos AG's deverá coincidir com a data de disponibilidade para ligação dos AG's à rede eléctrica nacional. Esta data é muito importante já que a tarefa seguinte de comissionamento dos aerogeradores, necessita que o parque já esteja ligado à rede.

Quando todos os aerogeradores estiverem comissionados, temos a data de conclusão, que geralmente está especificada no contrato entre o fabricante dos aerogeradores e o promotor do parque.

No entanto a obra não está ainda terminada, á ainda que testar a fiabilidade dos aerogeradores através de um teste de funcionamento com a duração de 240 horas.

Na parte final do projecto temos ainda a primeira manutenção dos AG's (cerca de 4 dias por aerogerador) e a entrega de toda a documentação "as built" da obra o que nos leva a entrega provisória do parque ao promotor.

Após esta data geralmente considera-se cerca de 60 dias para a resolução de pequenos pendentos e correcções em obra que depois de concluídos termina com à entrega definitiva do parque ao promotor, bem como à equipa de manutenção.

No capítulo seguinte iremos analisar mais em pormenor as várias tarefas a executar na obra.

4.5. EXECUÇÃO DA OBRA

Neste capítulo iremos analisar as fases de execução de obra. Para ficarmos com uma ideia da duração de cada tarefa iremos dar como exemplo a execução de um Parque Eólico com 10 aerogeradores.

Em termos gerais a sequência de tarefas são os trabalhos de construção civil e parte eléctrica que se desenvolvem praticamente em simultâneo (e de preferência em colaboração), seguido da montagem dos aerogeradores e o seu comissionamento.

4.5.1 CONSTRUÇÃO CIVIL

Após o contrato de obra ter sido assinado pelo Dono de Obra (Promotor) e o Empreiteiro Geral (fabricante de aerogeradores), entra em obra o empreiteiro de construção civil, que faz a montagem do estaleiro, sinaliza a obra, delimita as áreas de intervenção e melhora os acessos ao parque eólico.

Depois da mobilização há que desmatar as áreas a intervencionar e começar a fazer os aterros e escavações necessários aos acessos dos aerogeradores, plataformas de montagem e área de construção do edifício de Comando e Subestação. A terra vegetal é levada para locais de depósitos de terras para posterior utilização na recuperação paisagística do parque.

Nesta fase também se costuma fazer a abertura de valas para passagem dos cabos de média tensão que ligam aos aerogeradores, bem como a abertura das fundações para as bases dos aerogeradores e assim possibilitar uma compensação entre os aterros e escavações.



Figura 31 – Equipamento utilizado na abertura de acessos

Fundações

As fundações chegam a ter dimensões de cerca de 16x16 m² e volume de 300m³ e para cada posição há que fazer as respectivas sondagens com recolha de amostra e outros ensaios (por exemplo resistividade eléctrica) de forma a garantir a resistência dos solos às solicitações aplicadas (as forças aplicadas no topo do aerogerador a 80m de altura traduzem-se num grande momento flector na base do aerogerador).

As bases das fundações, depois de limpas e aprovadas por um geólogo, levam uma camada de betão de limpeza com cerca de 15 cm. Após esta operação, é necessário colocar o anel de fundação na sua base. Este componente, que servirá mais tarde de ligação ao primeiro tramo de torre do aerogerador, é fornecido pelo fabricante e deverá ser entregue no parque exactamente neste momento, para evitar despesas desnecessárias de guias ou paragem dos trabalhos. Por isso, obriga a uma boa coordenação das entidades envolvidas. O nivelamento correcto do anel é de extrema importância.

A operação a seguir é de armação do ferro que é de alguma complexidade, devido à sua estrutura e aos grandes comprimentos e diâmetros dos varões, chegando a levar 25t de ferro A500.

Inspecionada a armação, segue-se a betonagem, que chega a demorar 14h. Com cerca de 40 camiões-betoneira descarregados, o betão bem vibrado é protegido no final com produto anti-sol e coberto com plástico, para boa cura do betão. O endurecimento do betão é em 28 dias como habitualmente, usando-se normalmente classe C30/35.

As 10 fundações demoram, normalmente, 60 dias a ser escavadas, betonadas e prontas para a montagem do aerogerador.



Figura 32 – Colocação de um anel de fundação na base

Acessos, plataformas e valas de cabos

Betonadas as sapatas há que aterrá-las, preparar a plataforma de montagem (área com cerca de 30x50m) e começar a recobri-las com uma 1ª camada de tout-venant. É também necessário criar todos os acessos entre os aerogeradores.

A tarefa a seguir é a de colocação da “cama de areia” nas valas, seguido da colocação dos cabos de MT (média tensão). A colocação destes cabos é, normalmente, da responsabilidade do empreiteiro da parte eléctrica, logo uma boa coordenação dos trabalhos é necessária. Logo após o 1º tramo de cabos de MT estarem colocados, existe a necessidade de imediatamente cobri-los com nova camada de areia, para não serem feridos com pedras que caíam à vala. Os cabos são sinalizados com fita sinalizadora e, a uma cota superior, por placas de sinalização. São recobertos, depois, com materiais de qualquer natureza e sinalizado o caminho de cabos por mecos de sinalização redondos, brancos e feitos normalmente em betão.



Figura 33 – Colocação de cabos de média tensão em vala.

Depois de todos estes trabalhos estarem concluídos, bem como os trabalhos de drenagem, tais como execução das valas e atravessamento de P.H.s (passagens hidráulicas) nos acessos, inicia-se a colocação da camada final de tout-venant nos acessos.

Para 10 aerogeradores, o trabalho de acessos, fundações, plataformas e valas de cabos pode demorar cerca de 3 meses.

Edifício de Comando e Subestação

Os trabalhos de construção civil no edifício de Comando e subestação, normalmente, são executados em paralelo com os trabalhos nos acessos, fundações, plataformas e valas de cabos e podem demorar 4 meses.

A construção civil de um edifício de comando é muito semelhante à de uma moradia, com excepção da rede de terras, as caleiras de cabos e ao equipamento eléctrico. As redes de terras que têm que garantir um 1 ohm de resistividade são executadas pelo empreiteiro eléctrico logo após a escavação. As caleiras para cabos têm de ser feitas a seguir às fundações e respeitando as suas profundidades. A colocação do equipamento eléctrico é feita pelo empreiteiro eléctrico só após os trabalhos de acabamentos estarem concluídos, por isso é necessário garantir que não há atrasos no acabar do edifício, para garantir a entrada “on time” dos quadros eléctricos.



Figura 34 – Construção de um Edifício de Comando

Os trabalhos de construção civil na subestação incluem as caleiras de cabos, os maciços de fundação das estruturas eléctricas e as bacias de retenção dos óleos que são executados de preferência ao mesmo tempo no Edifício de Comando. Após as estruturas eléctricas estarem instaladas, o chão é normalmente coberto com gravilha e colocam-se finalmente as vedações exteriores.

No final executam-se os arranjos exteriores, tais como os passeios exteriores e os lugares de estacionamento limítrofes ao Edifício de Comando e à Subestação.

4.5.2 EQUIPAMENTO ELÉCTRICO

Os trabalhos desenrolam-se, simultaneamente, nos acessos, com a colocação dos cabos de MT em vala e com a colocação do equipamento eléctrico no Edifício de Comando e Subestação e poderão demorar cerca de 4 meses para 10 aerogeradores, sendo uma actividade que, além de estar sujeita aos trabalhos de construção civil (como vimos anteriormente), está sujeita aos prazos de fornecimento do equipamento (por exemplo: transformador) e à ligação do parque à rede nacional, a fim de testar o equipamento.

O Empreiteiro Eléctrico coloca os cabos de MT em vala, faz a união de cabos (normalmente cada 1500m) e liga-os no Edifício de Comando e nos aerogeradores. Além disso, faz o melhoramento de terras no caminho de valas e na periferia da fundação e na zona do Edifício de Comando e Subestação e coloca os cabos de fibra óptica em vala, para comunicação de dados, entre o Edifício de Comando, os aerogeradores e a(s) torre(s) meteorológica(s).



Figura 35- Cabo de média tensão de 240mm

No Edifício de Comando coloca-se e testa-se todo o equipamento necessário para controlo eléctrico e de comunicação do parque eólico. Na subestação colocam-se as estruturas bem como o equipamento de transformação necessário (ver 4.3. Equipamento Eléctrico) para depois poder ser ligado à rede nacional.

4.5.3. MONTAGEM E COMISSIONAMENTO DOS AEROGERADORES

A montagem dos aerogeradores é uma das partes mais críticas neste tipo de obras, pois obriga a uma coordenação logística muito grande entre a equipa de montagem, as gruas, os transportes, a fábrica de fabrico de torres e a chegada dos equipamentos ao porto marítimo (Cabines, hubs e pás). Além disso, está sujeita às condições climáticas (mau tempo no mar que posa atrasar o navio e/ou vento no parque que impeça a montagem do aerogerador).

O Comissionamento é a tarefa de pôr o aerogerador a trabalhar e verificar a sua fiabilidade, através de um teste de funcionamento que demora 240h. Se algum dos componentes de um aerogerador não funcionar correctamente é o suficiente para poder atrasar a conclusão da obra. Podemos considerar para esta actividade de montagem e comissionamento a duração de cerca de 2 meses para 10 aerogeradores.



Figura 36 – Montagem das pás de um aerogerador

Montagem

As gruas demoram cerca de uma semana a chegar em partes ao parque, demorando a grua principal 2 dias a ser completamente montada e preparada.

A torre está dividida em 3 ou 4 secções, chegando em camiões de transportes especiais. Posteriormente, é levantada, na parte superior pela grua principal e, na parte inferior por uma grua auxiliar. A última secção só é montada caso existam condições para se montar a cabine, por razões estruturais.

O elemento a ser instalado a seguir é a cabine, que poderá ser montada (ou não) já com o veio de transmissão e o hub, dependendo do seu peso, pois em alguns casos a cabine sem estes elementos chega a pesar 90t, devido essencialmente ao grande peso dos seus elementos internos (gerador, caixa de velocidades, disco de travagem, refrigeração a óleo, transformador, etc.).

A finalizar, temos as pás, que chegam a atingir 45m e que podem causar problemas de transporte devido às suas dimensões. Além disso, a sua instalação normalmente não é possível com velocidades de vento superiores a 10 m/s. Cada pá é normalmente montada separadamente e pesa entre 6 e 10t.

No final há que fazer a montagem interna do elevador de acesso à cabine de outros equipamentos, bem como da ligação dos circuitos eléctricos.



Figura 37 – Equipamento na plataforma. Pronto a ser montado

Comissionamento

Estando o aerogerador completamente montado e havendo ligação à rede nacional, faz-se o *startup* do aerogerador e caso esteja a funcionar normalmente pode-se começar o teste de 240h, que é o teste de funcionalidade em que, durante este período, o aerogerador não pode parar nem dar erros devido a falha própria. Em caso de erros, o teste é reiniciado por um período de mais 240h.

4.6. UTILIZAÇÃO, MANUTENÇÃO E REABILITAÇÃO

4.6.1. INTRODUÇÃO

Um bom controlo de um parque eólico é essencial para se maximizar os retornos do investimento efectuado.

Além do controlo diário do parque, o Operador-chefe deverá procurar activamente ter sempre os aerogeradores a produzir o máximo possível. Este papel obriga a conhecer aspectos das operações de manutenção e explora tendências emergentes de condicionamento da monitorização.

Ao contrário das centrais eléctricas tradicionais, a operação de manutenção de um parque eólico é normalmente entregue a uma entidade externa. Isto é particularmente verdade, porque muitos dos promotores são investidores em consórcio, que não têm nenhuma intenção de assumirem a operação dos parques eólicos.

O papel do Director de Operação varia de promotor para promotor e normalmente o acompanhamento é feito, em função do cliente. Se os proprietários vêem o Parque eólico apenas como um investimento, o director de operação poderá apenas visualizar a produção mensal e o balanço mensal. Se os donos tiverem vários parques eólicos, é provável que queiram fazer eles próprios o controlo diário dos aerogeradores através da contratação de um serviço especializado.

4.6.2. EXPLORAÇÃO E MANUTENÇÃO

O objectivo principal da exploração de um parque eólico é o de minimizar os custos de produção por unidade de energia produzida, durante o tempo de vida do activo (aerogerador). Este objectivo poderá ser conseguido através de cuidados como:

- Minimizar os custos de operação/manutenção;
- Melhorar a performance/horas de produção do aerogerador;
- Baixar o risco do seguro;
- Criar medidas de protecção aos activos (ex.: subestação).

Gestão do parque eólico

A operação e manutenção do parque eólico, além do controlo dos aerogeradores e da energia produzida, também deverá incluir os acessos, os edifícios auxiliares e as infra-estrutura eléctrica geral.

Comunicação

A comunicação é imprescindível no controlo de um parque eólico. O Director de Operação é o elo de comunicação entre o cliente, o fabricante dos aerogeradores, empresas com contractos de manutenção, inspecções, donos dos terrenos, vizinhos, autoridades do estado e os serviços de emergência. Relações públicas com a imprensa local ou escolas também poderão ser necessárias.

Resposta rápida a assuntos do parque

O operador tem de dar resposta rápida a qualquer acontecimento que ocorra, incluindo fazer relatórios de invasão do local, acidentes ou vandalismos que ocorram no parque.



Figura 38 – Manutenção exterior num aerogerador

Inspecções no local

Apesar de os novos sistemas de comunicação não necessitarem da presença permanente de um operador em cada parque eólico, devem ser feitas inspecções regulares às infra-estruturas. Deverão ser conduzidas inspecções aos portões, vedações, acessos, sinalização, torres meteorológicas, vala de cabos, subestação e edifício de comando. Quando as instalações precisam de reparação ou manutenção, é função do responsável de operação organizar orçamentos para os trabalhos necessários, acompanhar a sua realização e aprovar as facturas.

Segurança e saúde

O controlo da segurança e saúde está muitas vezes incluído no plano de manutenção. O Plano de Segurança e Saúde, que inclui a análise de riscos e os procedimentos e métodos de actuação, deverá ser criado e mantido durante todo o tempo de vida do parque eólico. O Plano de Segurança e Saúde é feito para cada parque eólico. O P.S.S. também deverá incluir as políticas de segurança do cliente.

Devem ser feitas regularmente inspecções de segurança ao material de segurança do parque, bem como ao restante equipamento.

Resposta a alarmes

Os operadores têm que garantir resposta aos alarmes, 24h por dia, 7 dias por semana. Dependendo do alarme, poderá ser necessário um *reset* local ou remoto ou então ser necessário requisitar a visita de técnicos ao local para diagnosticar o problema.

Inspecções

Deverão ser feitas inspecções regulares aos aerogeradores, usualmente em intervalos de 3 meses. A inspecção poderá não ser apenas visual. Um técnico experiente tem a capacidade de detectar um som anormal ou cheiro intenso a óleo que poderá indiciar um mau funcionamento. A cabine deve ser vistoriada minuciosamente a fim de detectar fugas de óleo, ou outros indícios que possam sugerir uma avaria iminente.

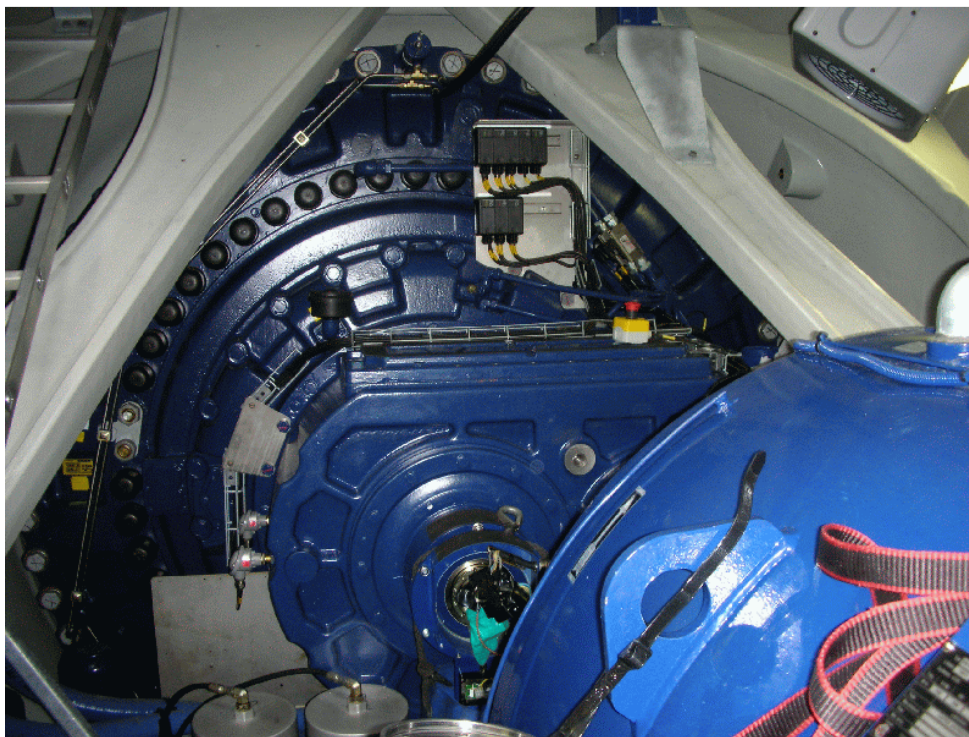


Figura 39 - Reparação na caixa de velocidades de um aerogerador

Reparações e manutenção

O Director de Operação é o responsável por assegurar que a manutenção é feita nos prazos previstos. Normalmente, nos primeiros 5 anos, a manutenção é feita pelo fabricante, que é responsável por todo o serviço e reparações nos aerogeradores e por isso é desejável ter com eles uma boa relação. As manutenções deverão ser marcadas atempadamente.

Reparações e manutenções que não estão previstas deverão ser feitas rapidamente e em alturas de baixo vento para minimizar as perdas de produção. O tempo máximo de resposta deverá estar estipulado no contrato de manutenção. Grande parte das paragens dos aerogeradores ocorre com ventos fortes, logo, em alturas de grande produção. Uma rápida avaliação, organização e supervisão dos trabalhos são muito importantes.

Para reduzir a possibilidade de paragens prolongadas devido à falta de peças sobressalentes, deverá ser criado na subestação um espaço para peças de reserva.

Relatórios

Os operadores têm como função recolher uma grande quantidade de dados dos aerogeradores e extrair a informação relevante para o promotor de uma forma concisa, sob a forma de um relatório mensal e anual. Os relatórios deverão conter a produção em Mwh e em valor monetário, orçamento, manutenções regulares e reparações, disponibilidade e capacidade do parque, alarmes, paragens, despesas e qualquer outra informação que possa interessar ao proprietário do parque.

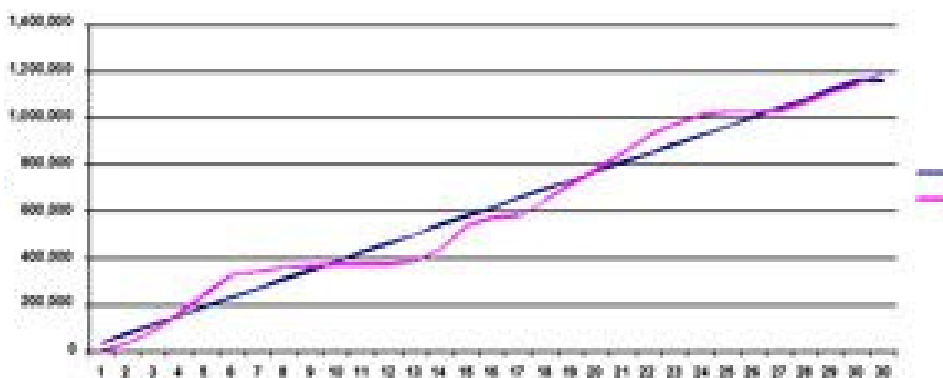


Figura 40 – Exemplo de um gráfico de produção de energia a incluir num relatório anual

4.6.3 MONITORIZAÇÃO CONDICIONAL E CONTROLO REMOTO

A inovação em estratégia de manutenção e operação de um aerogerador é a implementação de sistemas de monitorização condicional. A monitorização condicional envolve a análise de determinados parâmetros e de características específicas de forma a prevenir avarias de determinados componentes.

A informação pode ser recolhida de várias fontes:

- Análise das vibrações;

- Análise dos óleos;
- Termografia por infra-vermelhos;
- Ultra-sons.

Actualmente, apenas os 2 primeiros é que são usados na monitorização condicional dos aerogeradores.

Tecnologia

A forma mais comum de monitorização condicional é a medição da vibração das partes móveis. No aerogerador, as partes móveis encontram-se no veio de transmissão, principalmente, o eixo principal, a caixa de velocidades, o acoplamento e o gerador. Alterações na amplitude de vibração são indícios a partir dos quais analistas experimentados conseguem perceber o que está a acontecer com a máquina.

O uso de tecnologia para retirar partículas do óleo ou análise termográfica da temperatura também são outra fonte de análise por monitorização condicional.

Evoluções recentes na tecnologia específica dos aerogeradores, como a utilização de sensores ligados por fibra óptica e embebidos nos elementos estruturais, tais como torres e pás permitem a monitorização das alterações estruturais. Também se fazem registos das cargas, amplitudes e alterações de frequência para se poder determinar se algum elemento estrutural ultrapassou os parâmetros projectados.

Muitos fornecedores de aerogeradores (ex.: Nordex, Vestas) e de componentes (ex.: LM Glassfiber) incluem tecnologias de monitorização nos seus projectos de classe Mw, incluindo sensores integrados no sistema de comunicação SCADA.

Benefícios da monitorização condicional

Os benefícios da contínua monitorização condicional são:

- Aumento da disponibilidade dos aerogeradores, já que paragens não planeadas são evitadas;
- Mais controlo sobre os tempos de reparação. Previsão das avarias permite planear as reparações e as peças necessárias. As reparações poderão ser feitas em alturas de pouco vento;
- Como avarias castratóficas são evitadas, permite poupar nos tempos de paragem, manutenção e mão-de-obra;
- Os diagnósticos são feitos a partir da análise dos dados. Em alguns casos falhas são detectadas simplesmente através da análise dos dados.

As companhias de seguros normalmente fornecem uma redução no valor do prémio do seguro quando se utiliza monitorização condicional.

A monitorização condicional teve uma implantação lenta, em grande parte, devido ao custo da tecnologia e pelo facto de cada aerogerador precisar de estar equipado com sensores e aparelhos de leitura. Com o desenvolvimento da tecnologia e o aumento de aerogeradores fabricados, o custo baixou. Com o aumento de parques eólicos no mar e em zonas remotas, a utilização da monitorização condicional também aumentou, já que os custos de acessibilidade são significativamente maiores.

Implementação da Monitorização Condicional

Um dos erros mais comuns é assumir que, se os sensores e os aparelhos de leitura estão instalados, então temos um sistema de monitorização condicional a funcionar. Isso não é verdade. A monitorização condicional necessita da instalação de sistemas que possam usar os dados recolhidos e responder às situações.

Análise de dados

Após os dados serem recolhidos, o sistema de monitorização condicional tem a capacidade de processar os dados e isolar determinadas características específicas. Isto não é a substituição do interface humano mas sim uma ferramenta adicional. É importante ter um operador experiente a olhar para os dados e interpretá-los de acordo com os conhecimentos que tem do aerogerador.

Confiança em demasia no software pode resultar na não identificação de problemas ou resultar numa reacção exagerada.

Regulação dos parâmetros dos alarmes

Cada máquina tem a sua característica individual e o que está certo para uma pode não se aplicar a outra (é como tomar um medicamento de outra pessoa). É necessário conhecer muito bem o aerogerador para fazer uma boa parametrização dos alarmes.

Planeamento da manutenção

O serviço de manutenção tem que ter o sistema e incorporar a filosofia da monitorização condicional no seu planeamento e na sua velocidade de resposta. As comunicações têm de ser estabelecidas (SCADA) para assegurar que se está a receber dados apropriados “just in time”.

Serviço de controlo remoto

Muitos dos fabricantes oferecem serviços centralizados de controlo remoto (SCADA), aos clientes. Estes centros de serviços funcionam durante a garantia, mas muitas vezes o serviço é extendido após esse período.

As vantagens deste tipo de serviços são vários:

- O serviço funciona durante 24h por dia, 7 dias por semana;
- Economias de escala (1 serviço – milhares de aerogeradores);
- Localização (1 centro – Parques eólicos espalhados no mundo inteiro);
- Conhecimento – capacidade de diagnosticar e corrigir;
- Comunicação – Reduzido tempo para decifrar os dados e transmitir a operação a efectuar aos técnicos locais de serviço.



Figura 41 - Controlo remoto dos Aerogeradores instalado numa Subestação

Muitos clientes utilizam também operadores locais nos seus parques, pois podem focar-se mais nas características individuais de um parque específico. Apesar de os custos de implementação serem maiores, o ganho final parece compensar os gastos.

4.6.4 GARANTIA DE PRODUÇÃO

Os fabricantes normalmente garantem uma disponibilidade de 97% dos aerogeradores durante o prazo de garantia. Um parque eólico funcional e com a tecnologia certa consegue atingir mais do que estes valores, chegando aos 99%. Para se conseguir estes altos valores de disponibilidade é necessário haver uma relação muito próxima entre o operador e os aerogeradores.

Existe cada vez mais contratos com operadores em que o aumento de disponibilidade e rentabilidade é repartido entre o operador e os donos do parque.

Alguns fabricantes também começam a oferecer prazos alargados de garantia, chegando em alguns casos aos 12 anos, em que a operação e manutenção estão incluídos com preço fixo. Isto tem a vantagem de retirar risco aos proprietários através do pagamento de um valor de prémio. O crescimento da oferta deste tipo de contrato é lenta, fazendo-se à medida que os fabricantes vão compreendendo os riscos assumidos nas diferentes regiões em que têm os seus aerogeradores implantados.

Bonus de operação provavelmente farão parte de futuras propostas feitas pelos fabricantes.



Figura 42 – Anemómetro ultra-sónico na cabine de um aerogerador, com fornecimento em tempo real da velocidade e direcção do vento

4.6.5 REABILITAÇÃO

Os Parques eólicos têm um período de vida útil de 20 anos, mas devido ao desenvolvimento rápido da tecnologia dos aerogeradores, a maior parte das vezes a reabilitação ocorre muito antes desse período.

Os aerogeradores, grosso modo, passaram nos últimos 10 anos de uma produção de 700Kwh para 3000Kwh, havendo neste momento protótipos a produzir 5000Kwh. Assim, no futuro em Portugal, e à luz do que já vai sendo feito noutros países (Holanda, Dinamarca, Alemanha), a reabilitação vai corresponder a *upgrades* dos aerogeradores.

O *upgrade* consiste normalmente no aumento da potência instalada, correspondendo à substituição da cabine, Hub e Pás, aproveitando-se a sapata e torre existentes. O transformador existente nos aerogeradores e restante equipamento eléctrico, bem como a Subestação têm que ser ampliados com o correspondente aumento de potência.

Na Subestação, é obrigatória uma ampliação com a inclusão de um novo transformador, mais monoblocos com celas de ligação ao aerogerador, melhoramento da rede de terras bem como a ampliação dos quadros de protecções, comando e controlo existentes.

Também os cabos de MT (média tensão) existentes poderão não ter capacidade suficiente, podendo ser necessária a abertura de valas complementares para passagem de cabos MT extra.

Um tipo de reabilitação mais dispendiosa é o de substituição total do aerogerador (incluindo sapata e torre), mas tem como vantagem poder fazer variar a sua posição e altura e assim poder colocar aerogeradores ainda mais potentes - os aerogeradores mais potentes têm pás maiores (50m) e precisam de estar mais altos (80 a 100m), logo precisam de estar mais afastados uns dos outros devido ao efeito de sombra do vento (ver 3.1 Aspectos técnicos).

4.6.6 CONCLUSÕES

O trabalho do director de produção de um parque eólico é amplo e variado, mas é previsível que continue a aumentar com o uso da monitorização condicional dos parques eólicos. A viabilidade destes sistemas aumentou com o desenvolvimento da tecnologia, construção de parques eólicos maiores e aumento de quantidade de parques eólicos (incluindo offshores). Adicionalmente as seguradoras fazem descontos no valor do prémio a pagar quando este tipo de sistemas são utilizados. Estes sistemas, no entanto, não são fáceis de implantar. Os dados têm de ser regularmente recolhidos e analisados por técnicos treinados e experientes, que conheçam intimamente os aerogeradores, para que o sistema seja eficaz.

5

SUGESTÕES DE MELHORIA DO PROCESSO DE GESTÃO

5.1. INTRODUÇÃO

Este capítulo visa sugerir actuações por parte do Gestor de Projecto relacionadas com as particularidades específicas deste tipo de obra e que lhe permitam melhorar o desempenho. Parte-se do princípio que os procedimentos comuns a outras obras de construção ao nível da construção propriamente dita, não merecem um destaque especial por não apresentarem especificidades que as distingam de forma significativa das situações correntes das obras em geral. Por essa razão, neste capítulo, apenas se sugerem acções de melhoria relacionadas com aspectos particulares da Promoção e Gestão de Projectos de parques eólicos.

5.2. VIABILIDADE E OPTIMIZAÇÃO

5.2.1 POTENCIAL DO VENTO

Apesar da exploração da energia eólica ser bastante rentável e ser uma fonte de energia limpa, assiste-se no nosso país a uma falta de promoção deste tipo de energia. Independentemente das razões que levam a este facto, a análise do potencial eólico dos locais devia ser mais verificada. Um exemplo disso é a quase a inexistência de torres meteorológicas a fazer a recolha dos dados “in situ”.

O crescimento do uso da energia Eólica é uma realidade em Portugal, mas o potencial eólico por explorar é ainda enorme, sendo o atraso em relação à nossa vizinha Espanha bastante grande. A Espanha tem 15 Gw instalados, tendo tido um aumento de 3,5 Gw em 2007. Portugal tem actualmente instalados 1,6 Gw!!

5.2.2 PRODUTIVIDADE E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

O promotor tem a tendência de comprar as máquinas mais potentes no mercado, por isso os fabricantes andam continuamente em “guerra do Megawatt” para ver quem lança o modelo mais potente mais rápido, tendo como consequência a venda de protótipos pouco fiáveis.

Normalmente o promotor percebe bastante de equipamento eléctrico e pouco sobre os aerogeradores que comprou não investindo o suficiente na Gestão do contracto.

Parques eólicos com mais de 10 aerogeradores, deveria ter um operador com formação de base em Electrotecnia e com formação complementar em Gestão, Informática, Mecânica, Civil e Inglês técnico podendo eventualmente justificar-se a obtenção de formação superior nestas áreas num curso de Engenharia em Energias renováveis, do tipo pós-graduação.

O operador deverá ser a pessoa que mais conhece os aerogeradores e por isso deve acompanhar a manutenção e reparação dos aerogeradores, controlar os dados fornecidos pelos aerogeradores através do SCADA (ver capítulo 4.6) e além disso assegurar a manutenção das infra-estruturas do parque eólico.

O contrato com o fabricante dos aerogeradores deverá ser renegociado de duas maneiras: Primeiro com a possível inclusão de actualizações (upgrades) nos aerogeradores (de simples actualização de software até à substituição do gerador) e segundo com a criação de bónus de fiabilidade (por exemplo para disponibilidades acima dos 95%, o lucro do excesso ser dividido entre o fabricante e o promotor)

A optimização de parques eólicos apesar de ser uma actividade pouco explorada, é bastante lucrativa para o fabricante, havendo cada vez mais fabricantes com mais lucro não na venda dos aerogeradores mas sim nos serviços opcionais (normalmente na venda de aerogeradores vem anexado um plano de manutenção de pelo menos 5 anos).

5.2.3 CONSTRUÇÃO CIVIL

Na construção dos parques eólicos a óptica da padronização dos processos deveria ser seguida. Um parque eólico, em termos de trabalhos de construção civil, basicamente é igual em qualquer parte do mundo por isso não faz sentido construir um Edifício de Comando e Subestação diferente para cada parque eólico. Com a uniformização deste tipo de construção, poderiam ser melhoradas as características deste tipo de edifícios recorrendo por exemplo à pré fabricação dos vários elementos utilizados na sua construção.

Na construção dos parques eólicos também deveria estar prevista a sua futura ampliação. Um Edifício de Comando mais amplo que permita a colocação de mais celas de alimentação mais tarde caso seja necessário, não é muito mais caro, mas a sua parcial demolição para alargamento já é mais dispendioso.

O mesmo princípio pode ser aplicado à subestação, sendo o valor dispendido ainda menor, bastando deixar dentro da área vedada espaço suficiente para a colocação de um futuro transformador e respectivos TI's, TT's e bateria de condensadores.

Na vala de cabos também é possível incluir tubos de PVC para passagem de novos cabos de MT em vez de ser necessário abrir troços de quilómetros de vala para reparar um cabo ou de construir nova vala paralela à primeira para passagem de novos cabos.

Finalmente os acessos deveriam seguir a tendência do mercado, ou seja, as Pás dos aerogeradores são cada vez maiores, por isso se houver a possibilidade de futura ampliação do parque eólico, os acessos novos a construir, que também servirão a ampliação, deverão ter raios de curvatura maiores para permitir o transporte dos futuros aerogeradores.

5.3 TRANSPORTES

Os transportes de grandes dimensões a zonas de difícil acesso têm de ser planeados e devidamente acautelados. Na definição do tipo de transportes deverá considerar-se o tipo de aerogeradores a colocar, especialmente o seu comprimento de pás. Os aerogeradores da nova geração têm pás de 45 m e uma altura de 80 m divididos em 3 ou 4 tramos de secções de torre.

A nível de projecto, na eventualidade de ainda não se saber o tipo de aerogeradores a colocar, deve-se considerar sempre a situação mais desfavorável, já que a tendência do mercado é que eles sejam cada vez maiores, com pás de 50 ou mesmo 60m.

Em projecto, consoante o tamanho do equipamento a transportar e montar, há que ter em atenção dois aspectos fundamentais: Os acessos e as plataformas de montagem.

5.3.1 ACESSOS

Os acessos dividem-se em dois tipos: Os acessos externos e os acessos internos do parque eólico.

Acesso externo

O acesso externo não está contemplado no projecto e o promotor normalmente não o tem em consideração, passando essa responsabilidade para o fabricante/empreiteiro. O Gestor de Projecto deve, logo que tenha acesso ao layout do cliente, organizar um “road-survey” que consiste em verificar todo o caminho que terá de fazer o equipamento desde que sai do porto marítimo até que chega a cada uma das plataformas de montagem dos aerogeradores.

A experiência diz-nos que normalmente surgem sempre zonas a necessitar de intervenções fora da zona de implantação do parque, sendo necessário recolher as devidas autorizações dos donos dos terrenos e/ou licenças camarárias e fazer as intervenções necessárias. Os custos poderão ser avultados se estivermos por exemplo a falar de uma casa numa localização que não permite o raio de curvatura do transporte ou de uma ponte que não tem capacidade de sustentação para as cerca de 90 toneladas da cabine. Para além disto, são de difícil quantificação e de previsão (por exemplo, estimar o que um dono de um terreno poderá exigir para autorizar a passagem dos transportes).

Sugestão: Fazer um “road-survey” rigoroso com todos os custos devidamente acautelados antes de fazer a proposta de valores globais ao cliente (Promotor).

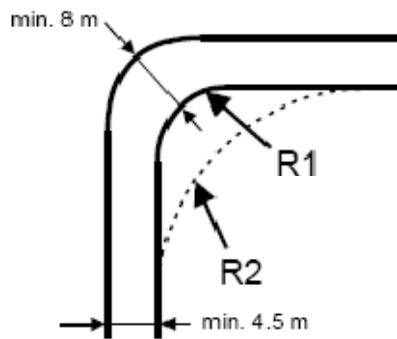


Figura 43 – Exemplo de um estudo dos raios de curvatura necessários para transporte de pás

Acesso interno

No acesso interno, dentro dos terrenos contratados para a construção do parque eólico, o projecto deverá ter em linha de conta os raios de curvatura necessários para os transportes, mas infelizmente raramente tem em atenção as pendentes máximas admissíveis e as concordâncias do terreno.

Os acessos são normalmente em tout-venant, dificultando a tracção dos camiões de transporte que têm normalmente como limitação para este tipo de terreno os 10% de inclinação máxima (estes valor poderá ainda ser mais baixo em situações de curva ou em marcha-atrás). Uma solução possível para o problema é fazer os acessos onde as pendentes são maiores em solo-cimento (tout-venant enriquecido com cimento) para garantir uma melhor tracção.

Em relação às concordâncias do terreno (ponto de inflexão), há que ter em atenção que o trailer do camião de transporte de secção de torre poderá ter apenas de distância mínima ao solo cerca de 40 a 50 cm para um comprimento de 30m, por isso a correcta transição entre duas pendentes deverá ser acautelada.

Sugestão: Fazer o “road-survey” também aos acessos internos

5.3.2 PLATAFORMAS

Junto à plataforma de montagem do aerogerador, é necessário haver pontos de viragem de marcha para os camiões de forma a entrarem na posição correcta na plataforma para que seja possível o levantamento do equipamento pelas gruas, ou seja, por exemplo, no transporte de uma secção de torre em que a parte de cima vai junto à cabine do camião, o transporte deverá entrar de frente na plataforma (ver figura 44) de maneira que a cabine fique o mais junto possível da grua principal para possibilitar o necessário raio de capacidade da lança (quando mais perto estiver a carga da grua maior é a sua capacidade).

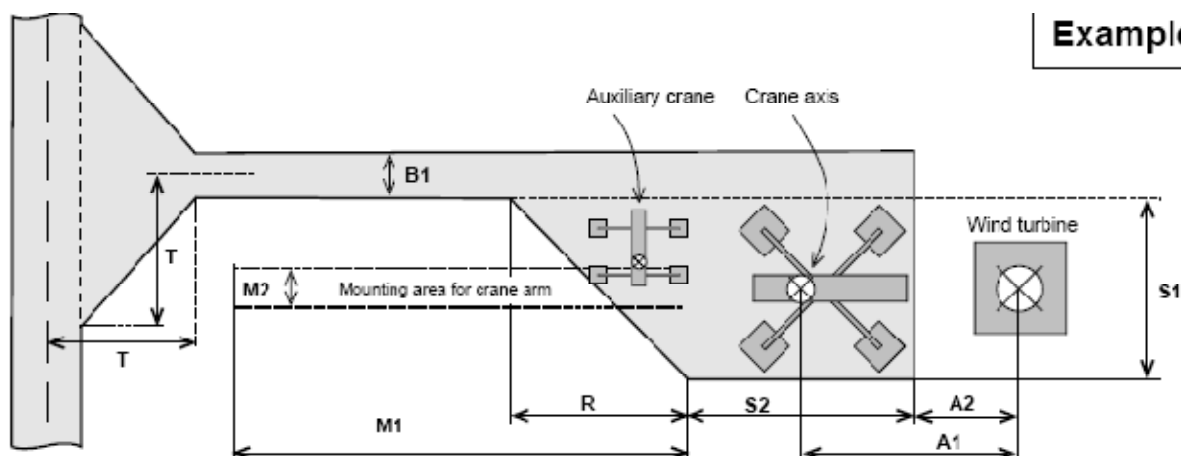


Figura 44 – Exemplo de uma plataforma de montagem

Sugestão: Verificar com o transportador se as plataformas estão na orientação correcta e se existem suficientes pontos de viragem para inversão de marcha e propor ao cliente as alterações ao layout necessárias (tendo em atenção as condicionantes ambientais e outras no local).

5.4 MONTAGEM

Para que as montagens dos aerogeradores ocorram de maneira satisfatória, é necessário haver um bom planeamento com a previsão de todas as dificuldades susceptíveis de ocorrer. Seguidamente iremos enumerar as principais dificuldades e o modo de as prever.

Antes da montagem e depois dos trabalhos de construção civil estarem terminados deverá ser feito um “test-run”, que não é mais do que requerer à companhia de transportes que faça toda a viagem desde o porto marítimo a cada posição dos aerogeradores com o camião com o trailer aberto (os trailers são extensíveis) para o comprimento total igual das pás que mais tarde irão transportar. Este teste irá servir para comprovar que o transporte poderá ser efectuado e que as intervenções necessárias foram pensadas e bem efectuadas.

O teste de passagem do equipamento é de grande importância, pois evita situações de paragem nas montagens por falta de material que não consegue chegar á plataforma, situação esta que poderá ser ainda agravada pelo empreiteiro de construção civil já ter acabado a obra e ter que mobilizar os equipamentos necessários novamente para o local.

Outra situação que pode ser planeada é a necessidade de fornecer tracção aos camiões dos transportes em zonas de difícil acesso (p. ex. curva apertada seguida subida íngreme). O valor para este serviço deverá ser acautelado na fase de propostas e acordado com o empreiteiro de Construção civil, empresa de transportes ou empresa de guias que disponibilizará Camião de tracção, Pá Carregadora, Dumper, Bulldozer, Giratória e/ou Auto-Grua para o efeito.



Figura 45 – Comprovação da passagem das pás

Haverá também necessidade de haver um bom planeamento a nível de contratos. Vamos dar um exemplo prático, se queremos /devemos montar 2 aerogeradores por semana, então a equipa de transportes terá que ter de serviço ao parque eólico 2 conjuntos completos de transportes (cerca de 20 camiões) para garantir a fluidez de chegada de equipamento ao parque. Ao mesmo tempo no contrato com a equipa de montagem também tem de estar mencionada esta situação incluindo quais as penalidades em caso de atraso da sua responsabilidade.

A empresa de guias também terá de garantir o planeado, nomeadamente prazos curtos de montagem e desmontagem da grua principal de uma plataforma de montagem para a seguinte para que o objectivo seja conseguido. Caso seja possível, poderá ser entregue o contrato de guias e de transportes à mesma empresa (forma de garantir prazos pois a empresa vai evitar ter o equipamento parado) ou então fazer um contrato com as guias com valor por montagem de aerogerador em vez de ser preço/hora.

Na execução do planeamento propriamente dito, há que ter em atenção a fluidez do trabalho, evitando paragens. Por exemplo as Cabines e Pás em que geralmente o seu transporte é feito por via marítima, terá que se garantir que o equipamento chega a tempo para as montagens, mas não fica demasiado tempo depositado no porto pois o custo de armazenamento é considerável já que estamos a falar de equipamento de grandes dimensões e o risco de degradação do material (danos nas pás, corrosão nos equipamentos eléctricos, etc.) é elevado.

O mesmo princípio deverá ser aplicado em relação à fábrica de torres, que deverá cumprir os prazos estipulados evitando situações por vezes frequentes de ficarem os camiões de transporte e respectivas escoltas policiais imobilizados à espera de ser efectuada na fábrica o carregamento das secções de torre.



Figura 46 – Descarregamento de pás de aerogeradores no porto marítimo

O planeamento deverá ser o mais detalhado possível, em perfeita sintonia com todos os intervenientes e ser actualizado regularmente (p. ex. basta haver um dia com ventos superiores a 12 m/s para a montagem em curso atrasar, bem como as montagens seguintes). A comunicação deve ser perfeita entre todos os intervenientes e sempre registada por escrito de forma a evitar mal entendidos e apurar responsabilidades em caso de derrapagem dos prazos.

Os atrasos nas montagens devem ser evitadas a todo o custo pelo Gestor de Projecto, já que a aplicação de penalidades por atraso aos subempreiteiros é melindrosa e difícil além de se correr o risco da reputação do Empreiteiro Geral face ao Dono de Obra ficar degradada.

Sugestão: O planeamento inicial (entregue ao cliente/promotor) deverá ser conservador e prever uma folga de pelo menos 50% na montagem e comissionamento dos aerogeradores, a fim de cobrir os possíveis (prováveis), dias de vento, avarias e atrasos vários.

5.5 LISTA DE OPERAÇÕES

Iremos aqui enumerar os assuntos mais importantes a ter em conta na Gestão de Projectos de um Parque Eólico.

5.5.1 ANÁLISE DA VIABILIDADE

- Proveitos:

Valor de venda da produção à rede eléctrica nacional (REN);

Subsídios da união europeia.

-Custos:

Caracterização do potencial eólico;

Torres meteorológicas (incluindo a análise dos dados);

Compra e/ou aluguer dos terrenos;

Estudo de impacte ambiental e estudos arqueológicos;

Possíveis (prováveis) aditamentos a incluir no projecto de licenciamento camarário;

Projecto de licenciamento com acessos, valas de cabos e arquitectura;

Atrasos na aprovação do projecto;

Quadro técnico para lançamento de Processo de concurso;

Gestão, fiscalização e assistência técnica durante a fase de construção;

Execução da obra do parque eólico;

Projecto, licenciamento e construção da linha aérea;

Melhoramento das vias públicas para passagem dos camiões de transporte dos componentes dos aerogeradores;

Preço dos aerogeradores;

Operação (manutenção, reparação e seguros) e desmantelamento dos aerogeradores.

5.5.2 DEFINIÇÃO DO LAYOUT DO PARQUE EÓLICO

-Capacidade energética a instalar;

-Escolha da potência e características dos aerogeradores a instalar;

-Escolha do posicionamento dos aerogeradores na área disponível;

- Escolha dos acessos a utilizar;

- Escolha do caminho de Vala de Cabos;

- Escolha do Ponto de ligação à REN;

- Localização e espaço necessário para a futura construção do Edifício de comando e Subestação;

- Análise de condicionantes ambientais;

- Áreas ocupadas por aves raras;
- Impacte em animais e plantas protegidas;
- Níveis sonoros admissíveis;
- Impacte da sombra dos aerogeradores;
- Aspecto natural dos terrenos;
- Análise de condicionantes patrimoniais;
- Prever futuras ampliações do parque eólico.

5.5.3 ORÇAMENTAÇÃO

- O orçamento dos Aerogeradores deverá incluir:
 - Posto de transformação para ligação à Subestação;
 - Infra-estruturas eléctricas de segurança e de alimentação;
 - Sistema de transmissão de dados e comunicação;
 - Iluminação e tomadas das torres e cabine;
 - Sinalização de aviso à navegação aérea;
 - Peças e equipamentos de reserva;
 - Montagem e ensaios finais de colocação em serviço;
 - Torres meteorológicas para comprovação da curva de potência;
- O orçamento de Construção Civil deverá incluir:
 - Desmatção e limpeza da zona de implantação das obras e do estaleiro;
 - Fundações de aerogeradores;
 - Acessos e plataformas de montagem;
 - Valas e travessias de cabos de média tensão;
 - Edifício e Subestação;
 - Recuperação paisagística final;
- O orçamento de instalações eléctricas deverá incluir:
 - Montagem e fornecimento dos transformadores;
 - O equipamento a aplicar na subestação;
 - O equipamento de controlo a instalar no Edifício de Comando;
 - Cabos de média tensão entre os Aerogeradores e a Subestação.

5.5.4 PREPARAÇÃO DO FABRICO E MONTAGEM

- Assegurar a Qualidade do produto final:

- Certificado ISO 9001;

- Gestão da qualidade;

- Controlo da qualidade.

- Separar a produção em:

- Equipamentos de transformação e controlo:

- ° Transformadores;

- ° Conversores;

- ° Controladores de alta-tensão;

- ° Sistemas de controlo da cabine.

- Montagem de cabines:

- ° Fabrico dos componentes internos da cabine;

- ° Fabrico do rotor;

- ° Fabrico do diferencial.

- Fabrico das torres.

- Recorrer sempre que possível à pré-fabricação.

5.5.5 PLANEAMENTO DA EXECUÇÃO

- Identificar as datas chave do projecto:

- Data de contrato;

- Data de ligação do parque eólico à REN;

- Data de conclusão da Obra;

- Data de conclusão contratual;

- Data de entrega provisória;

- Data de entrega definitiva;

- Identificar o caminho crítico;

- Coordenação na execução da parte eléctrica com a civil;

- Encomendar atempadamente o equipamento eléctricos dos aerogeradores;

- Coordenação entre equipa de montagem, gruas, transportes e entregas de equipamento;
- Rigor no planeamento das montagens “just-in-time”.

5.5.6 EXECUÇÃO DA OBRA

- Na Construção Civil há que ter em atenção aos seguintes aspectos:
 - Delimitar as áreas a intervencionar;
 - Comprovar a resistência dos solos no local de implantação dos aerogeradores;
 - Correcta protecção e sinalização dos cabos de média tensão em vala;
 - Escoamento de águas dos acessos;
 - Comprovar que os acessos permitem a passagem dos aerogeradores;
 - Comprovar que as plataformas permitem a montagem dos aerogeradores;
 - Edifício de comando construído atempadamente, para instalação do equipamento eléctrico.
- Na instalação dos equipamentos eléctricos há que ter em atenção aos seguintes aspectos:
 - Colocação dos cabos de MT e de comunicação em vala;
 - Chegada atempada do equipamento eléctrico à obra;
 - Colocação do equipamento eléctrico no Edifício de Comando;
 - Colocação das infra-estruturas eléctricas na Subestação.
- Montagem e comissionamento dos aerogeradores:
 - Coordenação entre equipa de montagem, gruas, transportes e chegada de equipamento;
 - Previsão das condições meteorológicas durante as montagens;
 - Comissionamento dos aerogeradores apenas quando os aerogeradores estiverem fiáveis.

5.5.7 UTILIZAÇÃO, MANUTENÇÃO E REABILITAÇÃO

- Maximizar os retornos do investimento efectuado através de:
 - Boa comunicação entre o operador e o fabricante dos aerogeradores;
 - Conhecimento profundo dos aerogeradores instalados;
 - Resposta rápida a avarias;
 - Inspecções regulares ao equipamento;
 - Bom Plano de Segurança e Saúde;
 - Resposta aos alarmes 24h por dia, 7 dias por semana;

Bom plano de manutenção;
Ter em parque as necessárias peças de reserva;
Relatórios de produção claros;
Instalação de serviço de controlo remoto (SCADA);
Instalação de monitorização condicional;
Ter uma boa garantia de produção por parte do fabricante.

- Aumento da produção através da extensão e/ou reabilitação do parque eólico.

6

CONCLUSÃO

6.1 PRINCIPAIS RESULTADOS OBTIDOS

A concretização de um Parque Eólico constitui um caso especial de investimento pois os aerogeradores representam o aspecto fundamental de todo o processo, nos mais variados níveis, desde a escolha do modelo e respectiva potência, até à definição de grupos que assegurem uma boa eficiência de conjunto até aspectos mais de detalhe como a manutenção, a substituição de componentes ou a redução dos custos de exploração. Por esse motivo, o fabricante dos aerogeradores funciona em geral como Gestor de Projecto, representando os aerogeradores o principal custo do investimento, bem como o constituinte principal do mesmo, que justifica os maiores custos, tanto iniciais como na fase de exploração, e está na origem das maiores dificuldades de implementação, essencialmente associadas às fases de transporte e instalação.

Neste contexto, são claras as diferenças entre este tipo de obras e a construção dita tradicional. De facto, a construção de parques eólicos tem como ponto crítico a fase de montagem dos aerogeradores. Por conseguinte, constituiu a principal preocupação deste trabalho a análise cuidada das operações associadas à instalação dos aerogeradores e, principalmente, como se processa o respectivo transporte, montagem, manutenção e exploração dos seus principais componentes.

Preparou-se uma lista de síntese das principais preocupações a analisar e resolver pela Gestão de Projecto, incluindo diversas sugestões concretas de actuação, lista essa que se apresenta no Capítulo 5 deste trabalho. A citada lista foi preparada com o objectivo de fornecer aos profissionais do sector, com funções de liderança operacional, ferramentas de melhoria da eficiência global dos processos. A lista aplica-se às diversas fases do processo desde a fase mais crítica da montagem passando pelas fases anteriores de preparação do investimento e fabrico e posteriores de exploração do mesmo,

As fases de projecto, construção e vida útil de um parque eólico são apresentadas detalhadamente e organizadas de forma cronológica podendo servir de manual a futuros responsáveis pela construção de parques eólicos.

Na realização de uma obra de construção de um parque eólico, a componente eléctrica sobrepõe-se à da construção civil. As instalações de estruturas de média tensão, aparelhos de monitorização e controlo e cabos de média tensão e de fibra óptica são fundamentais e realçam a importância da especialidade eléctrica, relegando o papel da componente de Construção Civil para aspectos de complementaridade, tais como a construção de acessos, abertura de valas e as fundações dos aerogeradores.

No que diz respeito à viabilidade económica, em Portugal, a promoção dos parques eólicos pode ainda ser muito optimizada. Nesse sentido, identificam-se as situações mais críticas e dão-se sugestões de melhoria, quer ao nível do planeamento da escolha da localização dos aerogeradores quer no que se refere à fase de exploração do parque eólico, durante a sua vida útil.

Como principais aspectos a merecer atenção redobrada em futuros investimentos, podemos referir a necessidade de realizar uma análise mais aprofundada sobre os ventos, a especial importância de todos os detalhes associados ao fabrico e montagem dos aerogeradores e sobretudo a necessidade de garantir uma correcta e cuidada gestão dos parques eólicos em serviço.

6.2 DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

Tendo em conta que este estudo retrata situações muito específicas de parques eólicos formados por grupos de aerogeradores entre 10 e cerca de 40, poderá ser interessante no futuro elaborar outros trabalhos, nomeadamente sobre parques eólicos com aerogeradores com outras potências e dimensões, cujas técnicas construtivas poderão ser diferentes das aqui apresentadas.

Analogamente, a realização de trabalhos semelhantes a este orientados para outras técnicas de produção de energia eólica tais como parques em offshore, aerogeradores com altura ao eixo de 100 a 120 m, torres pré-fabricadas com estruturas em betão armado, aerogeradores horizontais, aerogeradores de captação de ventos na estratosfera constituem desafios interessante e uma proposta atractiva de desenvolvimentos futuros para o trabalho.

Um outro tema importante é o da Reabilitação de Parques Eólicos. Actualmente, já começam a existir parques eólicos a ficar obsoletos e a rarear bons locais para a construção de novos parques. Consequentemente, a reabilitação e aumento de potência de parques existentes com bons potenciais eólicos, baseados na instalação de aerogeradores mais potentes ou no upgrade da potência de aerogeradores existentes, constitui um campo essencial de análise dos profissionais do sector que irá, com toda a certeza, ter um enorme crescimento nos próximos anos. A Reabilitação de Parques Eólicos existentes constitui assim um campo importante de investigação para o futuro. Haverá que decidir com elevado rigor e eficiência a melhor altura para desactivar um parque ou proceder à substituição parcial ou integral dos aerogeradores ou apenas de alguns dos equipamentos eléctricos de armazenamento ou transferência de energia, em fim de vida ou com desempenho insuficiente. Este constitui assim um assunto da maior importância pois as variáveis são muitas e haverá que definir como e quando avaliar um dado investimento concreto com vista à sua melhoria.

6.3 NOTA FINAL

Foi a pensar em Engenheiros que não estejam familiarizados com este género de construção ou para futuros Engenheiros que perspectivem trabalhar neste sector, especialmente na Direcção de Obra, que foi elaborado este trabalho.

Tendo em conta o crescimento exponencial deste tipo de energia em Portugal, na Europa e no Mundo, estamos certos de que esta reflexão não foi em vão e que a sua aplicabilidade prática será de grande importância. Esperamos assim que possa contribuir para o aumento do interesse dos Engenheiros, bem como do grande público em geral, para as Energia Renováveis em geral e para os Parques Eólicos em particular.

Pensando sempre nos nossos filhos e, sobretudo, nos nossos netos....

BIBLIOGRAFIA

- [1] Ackermann, Thomas, *Wind Power in Power Systems*, Wiley & Sons, 2005.
- [2] A.G. Drachmann, *Heron's Windmill*, Centaurus, 1991, pgs. 145-151
- [3] Alan Wyatt, *Electric Power: Challenges and Choices*, Book Press Ltd., Toronto, 1996
- [4] Andrew Chapman, *Renewable energy industry environmental impacts*, Country Guardian, 2003
- [5] Comissão das Comunidades Europeias, *Campanha Europeia de Energia Sustentável 2005-2008*, Comissão das Comunidades Europeias, 2005
- [6] David, Macaulay, *New Way Things Work*, Houghton Mifflin Company, Boston, Copyright 1994-1999, pg.41-42
- [7] Dietrich Lohrmann, *Von der östlichen zur westlichen Windmühle*, Archiv für Kulturgeschichte, Vol. 77, Issue 1 (1995), pgs.1-30
- [8] Edgar A. DeMoe, *Wind Plant Integration: Cost, Status and Issues*, IEEE Power and Energy Magazine, Nov/Dec. 2005, pgs. 39-46
- [9] European Renewable Energy Council, *Wind Energy*, European Renewable Energy Council, 2007
- [10] Gellermann, T., *Requirements for Condition Monitoring Systems on Wind Turbines*, AZT Report, 2003.
- [11] Hannele Holttinen, *Design and Operation of Power Systems with Large Amounts of Wind Power*, Global Wind Power Conference Australia, 2006.
- [12] Hiers, Fred, *Utilities' eyes on energy summit*, Star-Banner, 2007
- [13] Lonker, Oliver, *Diagnose: offline, neue energie*, 2005.
- [14] McCarthy, John, *Facts from Cohen and others. Progress and its Sustainability*. Stanford, 1996.
- [15] Nordex, *NORDEXPRESS N°6*, Nordex, Dezembro 2007
- [16] Renewable Technology Deployment , *Renewables for Heating and Cooling*, Renewable Technology Deployment, 2007
- [17] Robert Zavadil, *Making Connections: Wind Generation Challenges and Progress*, IEEE Power and Energy Magazine, 2005, pgs. 27-37
- [18] Roger Bezdek, *Renewable Energy and Energy Efficiency: Economic Drivers for the 21st Century*, American Solar Energy Society, 2007
- [19] Shashank Priya, *Piezoelectric Windmill: A novel solution to remote sensing*, Japanese Journal of Applied Physics, v. 44 no. 3, ,2005, pgs. 104-107
- [20] Sorensen, , *Renewable Energy*, Elsevier, 2004
- [21] Tegen, S., *Comparing Statewide Economic Impacts of New Generation from Wind, Coal, and Natural Gas*, National Renewable Energy Laboratory, 2006.

- [22] Tony Burton, David Sharpe, Nick Jenkins, Ervin Bossanyi *Wind Energy Handbook*, John Wiley & Sons, 1st edition, 2001.
- [23] United Nations Environment, *Global Trends in Sustainable Energy Investment 2007*, United Nations Environment Programme and New Energy Finance Ltd. 2007, pag. 3.
- [24] U.S. Department of Energy, *Annual Report on U.S. Wind Power Installation, Cost and Performance Trends: 2006*, U.S. Department of Energy, 2007
- [25] U.S. Department of Energy, *Wind Power Today*, U.S. Department of Energy, 2007
- [26] Wizelius, Tore, *Developing Wind Power Projects*, Gotland University, 2006
- [27] World Energy Assessment, *Renewable energy technologies*, World Energy Assessment, 2001, capítulo 7.

SÍTIOS INTERNET

- www.energiasrenovaveis.com *Energia Eólica*, Portal das Energias Renováveis, site português com notícias e com uma secção dedicada á energia eólica, [Consult. 2008-01-02].
- www.dgge.pt *Energias renováveis - Energia Eólica*, Direcção Geral de Energia e Geologia, site estatal com as políticas energéticas da Europa e com uma secção dedicada às Energias Renováveis [Consult. 2008-01-02].
- www.erec-renewables.org *Wind Energy*, European Renewable Energy Council, site da organização que engloba as associações europeias da industria das energias renováveis [Consult. 2008-01-02].
- www.nrel.gov *Wind Research*, National Renewable Energy Laboratory, site do principal laboratório dos Estados Unidos responsável pela pesquisa e desenvolvimento das energias renováveis [Consult. 2008-01-02].
- www.awea.org *Wind: Powering a cleaner, stronger America*, American Wind Energy Association, site da organização AWEA que promove a Energia Eólica com objectivo do seu crescimento [Consult. 2008-01-03].
- www.energy.gov *Energy Sources, Renewables – Wind*, U.S. Department of Energy, site estatal do Departamento de Energia Americano com uma secção sobre a energia eólica [Consult. 2007-12-17].
- www.iea.org *Renewable Energy*, International Energy Agency, site oficial da IEA que actua como consultor político sobre as energias, em 27 países [Consult. 2007-12-17].
- www.windpower.org *Wind Know-how*, Danish Wind Industry Association, organização de promoção da Dinamarca como indústria da Energia eólica, tem uma secção que engloba todos os aspectos referentes a este recurso [Consult. 2008-01-02].
- www.world-wind-energy.info *Wind Energy – Technology and Planning*, World Wind Energy Association, site suportado pelo Ministério de Ambiente Alemão com interessantes estudos sobre parques eólicos [Consult. 2008-01-02].

www.dn.sapo.pt/2007/07/25/sociedade/ *Energia eólica no mundo*, Diário de Notícias, artigo sobre o presente e o futuro da energia eólica em Portugal [Consult. 2008-02-08].

www.wwindea.org/home/images/stories/pr_statistics2007_210208_red.pdf *press released*, World Wind Energy Association, estudo sobre a evolução da Indústria da Energia Eólica nos últimos 10 anos [Consult. 2008-02-08].

www.mysanantonio.com/news/weather/weatherwise/stories/ *Quirky old-style contraptions make water from wind on the mesas of West Texas*, artigo sobre bombas de água movidas a energia eólica [Consult. 2008-02-08].

www.gwec.net *Global Wind 2007 report*, site da Global Wind Energy Council dedicado à promoção internacional da Indústria da energia Eólica [Consult. 2008-03-12].

www.ocean.udel.edu/windpower/ResourceMap/index-world.html *Mapping the global wind power resource*, site da Universidade de Delaware com estudo global comparativo entre gastos de energia versus velocidade do vento [Consult. 2008-03-12].

www.ceere.org/rerl/about_wind/RERL_Fact_Sheet_2a_Capacity_Factor.pdf *Wind Power: Capacity Factor, Intermittency, and what happens when the wind doesn't blow*, University of Massachusetts at Amherst [Consult. 2008-03-12].

www.worldwatch.org/files/pdf/renewables2007.pdf *Renewables 2007 Global Status Report*, Renewable Energy Policy Network for the 21st Century [Consult. 2008-03-12].

www.planetark.com/dailynewsstory.cfm/newsid/46325/story.htm *Renewable energy made up more than 14 percent of Germany's power consumption in 2007*, Plant Ark [Consult. 2008-03-12].

www.gwec.net/uploads/media/07-02_PR_Global_Statistics_2006.pdf *Global wind energy markets continue to boom – 2006 another record year*, Global Wind Energy Council [Consult. 2008-03-12].

www.ren21.net/publications/ *Renewables 2007 Global Status Report*, site da Renewable Energy Policy Network for the 21st Century com várias publicações sobre as Energias Renováveis [Consult. 2008-04-10].

www.gepower.com/about/index.htm *GE Energy*, site desta conhecida empresa de origem Americana que também fabrica aerogeradores de 1,5 a 3,6 Mw [Consult. 2008-04-10].

www.nrel.gov/docs/fy07osti/40566.pdf *Wind Turbine Design Cost and Scaling Model*, NREL – National Renewable Energy Laboratory, neste estudo de 2006 estima-se o custo da energia eólica incluindo em off-shore [Consult. 2008-04-10].

www.news.com/Micro-wind-turbines-are-coming-to-town/2100-11398_3-6037539.html *Micro wind turbines are coming to town*, CNET.com, artigo sobre esta nova indústria de pequenos aerogeradores para serem colocados nas coberturas de edifícios [Consult. 2008-04-10].

